



RANTALUISKAN VAKAVUUSLAS- KELMAT JA LIUKUSORTUMAN KORJAUSMENETELMÄT

Juha Porre

Opinnäytetyö
Toukokuu 2013
Rakennustekniikka
Infrarakentaminen

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU
Tampere University of Applied Sciences

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Rakennustekniikka
Infrarakentaminen

PORRE JUHA,
Rantaluiskan vakavuuslaskelmat ja liukusortuman korjausmenetelmät

Opinnäytetyö 42 sivua, joista liitteitä 49 sivua
Toukokuu 2013

Tässä opinnäytetyössä käsitellään luiskavakavuutta. Työn teoreettisissa lähtökohdissa selvitetään kirjallisuuden perusteella luiskavakavuuden käsitettä, siihen vaikuttavia suu- reita sekä esitellään erilaisia luiskavakavuuslaskennan menetelmiä.

Työn empiirisessä osassa Ilmajoen Koskenkorvalla tutkittiin Etelä-Pohjanmaan ELY- keskuksen toimeksiannosta tapahtunutta sortumaa ja sortumaan johtaneita syitä. Suu- rimman syyn todettiin olevan jyrkän ja korkean luiskan, jonka pohjamaa oli laihaa sa- vea. Alueelle on tyypillistä hyvin heikot rantaluiskat ja alueella on tapahtunut sortumia aiemminkin. Sortuman aiheutti todennäköisesti sateisen syksyn aiheuttama maan vetty- minen ja huokosveden ylipaineen kehittyminen joen veden pinnan nopean laskemisen vuoksi.

Tutkimusvaiheen jälkeen laadittiin luiskan korjaamisesta yleissuunnitelmia. Työssä tar- kasteltiin kuutta eri mahdollista vaihtoehtoa, joille laskettiin alustavat kustannusarviot. Selvityksen perusteella tutkimus- ja suunnittelutyön tilaaja sekä maanomistaja hyväk- syivät luiskalle 1,44 kokonaisvarmuuden, jota voitiin pitää riittävänä ottaen huomioon alueelle tyypillinen heikko luiskavakavuus rakennetulla alueella sekä kokemusperäinen tieto riittävästä turvallisesta luiskan kokonaisvarmuudesta sortumaa vastaan.

Luiskavakavuus on otettava huomioon rakennettaessa pehmeikölle tai jyrkkien luiskien läheisyyteen. Erityisesti jokirannat voivat olla luontaisesti hyvin löyhiä vakavuuden kokonaisvarmuusluvun ollessa hyvin lähellä yhtä. Pohjarakennusohjeet RIL-121 määrit- telee, että rakennuspohjan varmuus sortumaa vastaan pitää olla vähintään 1,8.

Empiirisessä osassa korostui yhteyden pidon tärkeys tilaajan ja konsultin välillä. Palave- reja ja aivoriihiä olisi ehkä voinut pitää enemmänkin. Tulevaisuudessa vastaavissa koh- teissa tulee yhteydenpitoa lisätä kaikkien osapuolten kesken.

Asiasanat: luiskavakavuus, stabiileetti, sortuma, leikkauslujuus, liukupinta

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree programme in Construction Engineering
Civil Engineering

PORRE JUHA,

The stability calculations of bank slopes and the corrective action methods of slope failures

Bachelor's thesis 42 pages, appendices 49 pages
May 2013

The purpose of this thesis was to study the slope stability at Koskenkorva in Ilmajoki before and after a failure which took place in October 2011. The theoretical section deals with the concept of slope stability, the operations of parameters and the methods of slope stability calculations.

The empirical part consists of examining the failure and the reasons that led to it as an assignment by Centre for Economic Development, Transport and the Environment of South Ostrobothnia. The main reason was found to be the high and steep slope which consists of lean clay. Very weak slopes are typical of the area and there have been previous failures on the site. It is likely that this slope failure was eventually caused by a rainy autumn and a rapid water level loss after rains which raised pore water pressure.

After the failure analysis, corrective action plans were created. Six potential repair methods were considered and their preliminary costs calculated. Based on the report, the commissioning party and the landowner chose the method which would raise slope factor of safety up to 1,44 which could be considered sufficient given the circumstances and past experiences.

Slope stability must be acknowledged when building on soft soil or close to steep slopes. Particularly banks of rivers and streams can be naturally very loose and the safety factor near one. The book titled RIL 121-2004 Pohjarakennusohjeet specifies that the safety factor of the building foundation must be at least 1,8.

The importance of communication between the commissioning party and the consulting engineer was emphasised in the empirical part. In the future, communication in the form of meetings and brain-storming sessions could be increased and the consistency of the teams taking part in meetings further considered.

Key words: slope stability, failure, shear strength, surface of sliding

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
1.1.	Työn tausta.....	6
1.2.	Työn tavoite	6
1.3.	Toimenpiteet	7
1.4.	Suunnittelutoimisto Aluetekniikka Oy	7
2	LUISKAVAKAVUUS TEOREETTISESTI.....	8
2.1.	Mitä maapohjan vakavuus on?	8
2.2.	Missä luiskavakavuus voi olla heikko?	10
2.2.1	Rakennustoimenpiteet, eroosio ja tektooniset liikkeet.....	11
2.2.2	Tärinä	11
2.2.3	Sateet, sulamisvedet ja routa	11
2.2.4	Maan kuivuminen ja vedenpinnan nopea lasku	12
2.2.5	Maan kyllästyminen ja suotovirtaus	12
2.3.	Liukupinta-analyysi	12
2.3.1	Koheesiomaan liukupinnat.....	13
2.3.2	Kitkamaan liukupinnat.....	15
2.3.3	C - ϕ -menetelmä.....	16
2.4.	Maastotiedot, niiden hankinta ja kalusto	18
2.5.	Laboratoriotutkimukset.....	20
2.6.	Siipikairaustulosten redusointi.....	20
2.7.	Luiskan ja liukupinnan mallintaminen	22
2.8.	Tulosten tarkastelu.....	24
3	LUISKAVAKAVUUDEN PARANTAMISEN MENETELMÄT	25
3.1.	Kevennykset.....	25
3.2.	Pystysalaojitus	25
3.3.	Vastapenkereet.....	26
3.4.	Vedenpinnan nosto ranta-alueella.....	26
3.5.	Massanvaihto	26
3.6.	Stabilointimenetelmät	27
4	CASE: KYRÖNJOEN RANTALUISKAN SORTUMAN TUTKIMUS JA LUISKAVAKAVUUSTARKASTELU.....	28
4.1.	Yleistä	28
4.2.	Lähtötietojen hankinta	29
4.3.	Vakavuustarkastelu.....	31
4.4.	Korjausvaihtoehdot.....	33
5	JOHTOPÄÄTÖKSET JA SUOSITUKSET.....	37

6 YHTEENVETO	40
LÄHTEET	41
LIITTEET	42

1 JOHDANTO

1.1. Työn tausta

Lokakuussa 2011 tapahtui Ilmajoen Koskenkorvalla Kyrönjoen rantasortuma. Tapausta uutisoitiin maakunnallisessa lehdistössä laajasti. Mielenkiintoa sortumaan lisäsi, että sortuman kohdalla sijaitsee entinen Koskenkorvan pappila, joka tapahtumahetkellä oli ja on edelleen yksityishenkilön omistuksessa. Sortuman yläreunasta rakennukseen oli etäisyyttä noin 10 metriä ja välittömästi sortuman jälkeen paikalla oli noin 10-12 metriä korkea, lähes pystysuora seinämä. Lisäksi tapahtumahetkellä rakennuksessa asuttiin.

Marraskuussa 2011 saapui tarjouspyyntö sortuman maaperätutkimuksesta ja luiskavakavuuden selvittämisestä ennen sortumaa ja sortuman jälkeen. Tarjous jätettiin ja kohteen tutkimus- ja suunnittelutoimeksianto saatiin näin Aluetekniikalle. Kohteen tutkimusten ja suunnittelutöiden tilaajana oli Etelä-Pohjanmaan ELY-keskus.

Työtehtäviini Suunnittelutoimisto Aluetekniikka Oy:ssä kuuluvat myös geotekniset tutkimukset ja geosuunnitelmat. Tähän tutkimus- ja suunnittelutoimeksiantoon osallistuin myös alusta loppuun saakka ja toimin kohteen suunnittelijana. Apua ja tukea sain yrityksemme omistajalta ja hallituksen puheenjohtajalta Martti Kaunismäeltä. Kaunismäellä on vastaavista kohteista kokemusta yli 30 vuoden ajalta.

1.2. Työn tavoite

Työn tavoitteena oli tutkia sortumaan johtaneita syitä ja määrittää luiskavakavuus rantaluiskassa ennen ja jälkeen sortuman. Tutkimusvaiheen jälkeen suunniteltiin ja vertailtiin erilaisia sortuman korjausvaihtoehtoja. Korjausvaihtoehdot esiteltiin tilaajalle ja kohteen korjauskustannuksiin mahdollisesti osallistuville osapuolille. Kun korjausvaihtoehto oli valittu, laadittiin toteutussuunnitelmat ja urakka-asiakirjat korjaustöiden kilpailuttamiseksi urakoitsijoilla.

1.3. Toimenpiteet

Sortumapaikalla tehtiin maaperätutkimuksia ja maastomittauksia, toimistotöinä tehtiin tutkimusraportti ja tutkittiin luiskavakavuutta Geocalc- ohjelmalla. Lisäksi sortumaan tehtiin korjaussuunnitelmia ja niiden kustannusvertailua eri menetelmien välillä. Toteutukseen valittu menetelmä kilpailutettiin ja valittu urakoitsija toteutti suunnitelman. Opinnäytetyö koottiin kasaan varsinaisen työn jälkeen keväällä 2013.

1.4. Suunnittelutoimisto Aluetekniikka Oy

Yrityksen ovat perustaneet Pentti Latikka ja Martti Kaunismäki vuonna 1990. Yrittäjät olivat ennen yrittäjiksi ryhtymistään Maa ja Vesi Oy:n Lapuan toimistossa töissä, Kaunismäki vielä tätä ennen Suunnittelukeskuksen Kuopion toimipisteessä. Aluksi yrittäjät olivat yrityksen ainoat työntekijät, lukuun ottamatta maastoaputyövoimaa, ja tekivät pääasiassa vesihuoltosuunnittelua ja pohjatutkimuksia. Martti Kaunismäki työskenteli myös paikallisessa maanrakennusyrityksessä työmaamestarina. 2000-luvun alussa tuli yritykseen töihin kolme työntekijää. Yrityksen liikevaihto kasvoi samassa suhteessa.

Yrityksen päätoimiala on maa- ja vesirakentamisen tekninen palvelu. Yritys tuottaa asiantuntijapalveluita kunnallistekniikan, geotekniikan ja ympäristötekniikan aloilla sekä suorittaa edellä mainittuihin tutkimuksia, mittauksia ja laadunvalvontaa.

Yrityksen pääasiakkaat ovat liikevaihdollisesti mitattuna kunnat. Seuraava suuri ryhmä on teollisuusyritykset ja valtion laitokset, kuten Etelä-Pohjanmaan Ely-keskus. Myös yksityishenkilöitä on yrityksen asiakkaina.

Yrityksellä on käytössään maastotutkimusvälineitä, laboratoriolaitteita ja suunnitteluohjelmistoja. Maastotutkimuskalustoa on mm. 4 kpl vrs-gnns-paikantimia, 2 kpl robottitakymetrejä, 2 kpl monitoimikairavaunuja varusteineen sekä kevyt kairauskalusto. Maa-laboratoriolaitteita on mm. kuiva- ja pesuseulontalaitteet, areometrilaitteet, ödometri- ja vedenläpäisevyysellit sekä proctor-sullontalaitteet. Toimisto käyttää pääasiassa Airix Oy:n kehittämää Yt-cad- suunnitteluohjelmaa. Yrityksellä on lisäksi yksi Novapoint-lisenssi sekä GeoCalc-lisenssi.

2 LUISKAVAKAVUUS TEOREETTISESTI

2.1. Mitä maapohjan vakavuus on?

Maaperän vakavuus on otettava huomioon, kun suunnitellaan rakentamista pehmeille koheesiomaille ja suunniteltu rakentaminen sijoittuu esimerkiksi luontaisiin, kohtuullisen jyrkkiin luiskiin. Maaperän vakavuus on otettava huomioon myös syviä kaivantoja suunniteltaessa tai esimerkiksi yksinkertaisimmillaan ison, yli kaksi metriä syvän laskuojan suunnittelussa pehmeikölle. (Slunga 1990.)

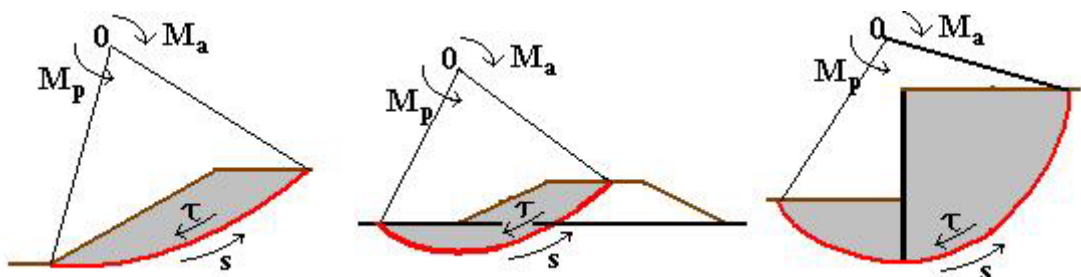
Maapohjan vakavuutta tutkitaan yleensä liukupinta-analyysillä, mutta talonrakentamisessa myös murtotilaan perustuvilla kantavuuskaavoilla. Liukupinta-analyysissä etsitään yleensä vaarallisinta liukupintaa, eli liukupintaa jota pitkin liukusortuminen helpoiten tapahtuu. Toisaalta lasketaan sellaisten liukupintojen kokonaisvarmuuksia jotka osuvat suunnitellulle rakennusalueelle. (Slunga 1990, 91; Jääskeläinen 2009, 201.)

Vaarallisin liukupinta tarkoittaa pintaa, josta murtuma helpoiten lähtee liikkeelle. Tarkemmin sanottuna vaarallisin liukupinta on sellainen, jossa aktiivimomentin ja passiivimomentin summan vaikutus on heikoimmillaan. Sortuma tapahtuu, kun murtokuorman aiheuttava aktiivimomentti on suurempi kuin paikallaan pitävä passiivimomentti. (Jääskeläinen 2009, 201.) Kuvassa 1 on Ilmajoen Koskenkorvalla lokakuussa 2011 satunut sortuma kuvattuna tuoreeltaan noin 12 tuntia tapahtuman jälkeen.



KUVA 1. Jokirantaluisen sortuma Koskenkorvalta Ilmajoelta (Kuva: Kari Kallio 2011).

Paikallaan pitävä passiivimomentti saadaan, kun kerrotaan laskettu liukupinnan pinta-ala A maan leikkauslujuudella S_u ja momenttivarrella R . Liukupinnassa vaikuttaa näin ollen paikallaan pitävä leikkausjännitys. Paikallaan pitäviin voimiin täytyy laskea mukaan myös negatiivinen aktiivimomentti, joka vaikuttaa liukuympyrän keskipisteen nousevalla puolella. Kun leikkausjännitys kasvaa leikkauslujuutta suuremmaksi, tapahtuu liukusortuma. (Jääskeläinen 2009, 208.) Kuvassa 2 on esitetty tyypillisiä liukupinta-tapauksia. Negatiivinen aktiivimomentti vaikuttaa penkereen ja kaivannon tapauksessa ympyrän kaaren keskipisteen vasemmalla puolella.



KUVA 2. Liukupinnan syntymisen periaate ja erilaisia liukupintoja. Luiska, penger ja kaivanto.

2.2. Missä luiskavakavuus voi olla heikko?

Luiskavakavuus on yleensä heikko koheesiomailla, joiden leikkauslujuus on pieni. Luiskavakavuutta heikentää jyrkkäpiirteiset ja korkeat luiskat. Luiskavakavuutta heikentää entisestään kuormituksen muutokset kuten uudet rakennukset ja rakenteet, luiskan geometrian muutokset, veden- ja huokospaineen muutokset, ilmaston ja lämpötilan vaihtelut sekä tärinä ja värähtely. (Slunga 1990, 91.)

Ympäristöministeriön asetus B3 Suomen rakentamismääräyskokoelma ja Pohjarakennusohjeet RIL 121-2004 määrittelee luiskavakavuuden kokonaisvarmuusluvun minimin taulukon 1 mukaisesti.

TAULUKKO 1. Luiskavakavuudelle Sasetetut minimivaatimukset B3 Suomen rakentamismääräyskokoelman mukaan (B3 Suomen rakentamismääräyskokoelma 2003, 14).

TAULUKKO 4.1 KOKONAISSVARMUUSLUKUJEN MINIMIARVOJA VAATIVIEN (A) POHJARAKENTEIDEN GEOTEKNISSÄ MITOITUKSESSA	
Kohde	Varmuusluku
Rakennuspohjan alueellinen sortuma	1,8
Rakennuspohjan alueellinen sortuma piha-, puisto- ja virkistysalueilla, joilla ei ole asumiseen tai työntekemiseen tarkoitettuja rakennuksia tai vaativia rakenteita	1,5
Maanvaraisen perustuksen kantokyky	2,0
Paalun kantokyky	2,2
Maanvaraisen perustuksen tai paalun kantokyky luotettavin koemenetelmin varmennettuna kokeellisen mitoituksen perusteella	1,6
Maata tai pohjarakenteita tukevan pysyvän rakenteen sortuma	1,8
Rakennusaikaisen kaivannon liukusortuma ja pohjannousu sekä tukirakenteen sortuma silloin, kun mahdollisen sortuman vaikutusalueella on muita kuin työnaikaisia rakenteita	1,8
Rakennusaikaisen kaivannon liukusortuma ja pohjannousu sekä tukirakenteen sortuma	1,5
Vedennoste	1,2

Suomen rakentamismääräyskokoelma B3 ja Pohjarakennusohjeet määrittävät, että rakennuspohjan alueelliselle sortumalle pitää olla vähintään 1,8 varmuus. Rakennuspohjan alueelliselle sortumalle piha-, puisto- ja virkistysalueilla, joilla ei ole asumiseen tai työntekemiseen tarkoitettuja rakennuksia tai vaativia rakenteita vaaditaan vähintään 1,5 varmuus. Rakennusaikaisen kaivannon liukusortumalle vaaditaan samaten vähintään 1,5

varmuus. (B3 Suomen rakentamismääräyskokoelma 2003, 14; RIL 121-2004 Pohjarakennusohjeet 2004,)

2.2.1 Rakennustoimenpiteet, eroosio ja tektooniset liikkeet

Sortumia on tapahtunut maan- ja rautatieleikkausten sekä kanavien kaivutöiden yhteydessä. Sortumat ovat yleisiä rakennuskaivantojen ja kaivosten yhteydessä. Lähellä luiskän yläreunaa sijaitsevat raskaat rakennukset tai maarakenteet vaikuttavat luiskavakavuuteen heikentävästi. Kaivutöiden yhteydessä saattaa maan läjitys, sijoitus tai kaivun ylisyvyys aiheuttaa sortuman. (Slunga 1990, 135.)

Virtaava vesi syövyttää uomia ja erityisesti mutkittlevissa joissa saattaa pitkän ajan kuluessa ranta jyrkentyä ja syventyä aiheuttaen varmuusluvun pienentymistä ja lopulta sortuman (Slunga 1990, 135).

Paalutustyöt ovat aiheuttaneet sortumia paalutustyön aiheuttaman maan leikkauslujuuden pienenemisen takia (Slunga 1990, 135).

Luiskien kaltevuus ja siten sortumaherkkyys saattaa kasvaa maankuoren tektoonisten liikkeiden takia. (Slunga 1990, 135.)

2.2.2 Tärinä

Tärinä voi aiheuttaa vedenalaisen löyhän hiekan tai siltin sekä herkän saven leikkauslujuuden pienenemisen. Mikäli suhteellinen tiiveys on pieni saattaa näiden maalajien rakenne luhistua ja huokospaine nousta raepaineen suuruiseksi. Tällöin maa muuttuu ras-
kaaksi nesteeksi. (Slunga 1990, 135.)

2.2.3 Sateet, sulamisvedet ja routa

Rankkojen sateiden tai keväällä lumen sulamisen aikaan on todettu tapahtuneen useita sortumia. Tällöin maan rakoihin ja halkeamiin imeytyy runsaasti vettä. Huokospaine

kasvaa huokostilan täyttyessä, jolloin maan tehokas leikkauslujuus pienenee. Silttimaalajeilla toistuva jäätyminen ja sulaminen aiheuttavat huokospaineen nousua ja pintasiirtymiä. (Slunga 1990, 136.)

2.2.4 Maan kuivuminen ja vedenpinnan nopea lasku

Kuivuminen tai maakerrosten painon pieneminen heikentää leikkauslujuutta avautuvien pintahalkeamien vuoksi etenkin savi- ja liejumaalajeissa (Slunga 1990, 136).

Nopean vedenpinnan laskun on todettu aiheuttavan huonosti vettä läpäisevissä maissa huokosvedenpaineen kasvua. Tällöin maan leikkausvastus pienenee. (Slunga 1990, 136.)

2.2.5 Maan kyllästyminen ja suotovirtaus

Varsinkin hienorakeisissa maalajeissa osittain kyllästetyn maan täydellinen kyllästyminen vedellä pienentää sen leikkauslujuutta. Osittain kyllästetyn maan leikkauslujuus on yleensä osittain seurausta niin sanotusta näennäisestä koheesiosta. Pohjaveden yläpuolella näennäinen koheesio ei häviä rankkasateen seurauksena, mutta luiska sortuu, kun se jää ensimmäisen kerran veden alle ja tulee täysin kyllästyneeksi. (Slunga 1990, 136.)

Luiskan sisäinen eroosio tai hydraulinen murtuma suotovedestä johtuen voi aiheuttaa sortuman (Slunga 1990, 136).

2.3. Liukupinta-analyysi

Luiskavakavuusanalyyseistä eniten käytetty menetelmä on niin sanottu rajatasapainomenetelmä, jonka periaate on seuraava:

1. Sortuman otaksutaan tapahtuvan maan sisällä kulkevaa liukupintaa pitkin. Maa on murtotilassa liukupinnalla.
2. Liukupinnan muoto otaksutaan tunnetuksi ja lukuisia valitun muotoisia liukupintoja tutkitaan.

3. Jokaiselle liukupinnalle lasketaan tasapainon edellyttämä leikkausvastus ja sitä verrataan maan leikkauslujuuteen, jolloin saadaan varmuuskerroin.
4. Etsitään systemaattisesti liukupinta, jota vastaava varmuuskerroin on pienin.

Liukupinta voi olla suoraviivainen, ympyrän kaaren muotoinen, spiraali tai epäsäännöllinen pinta. Joissain menetelmissä liukuvaa maamassaa käsitellään yhtenä kappaleena ja joissain muissa menetelmissä maamassa jaetaan pystysuoriin liuskoihin ja kunkin liuskan tasapaino tutkitaan erikseen. Tunnetuimpia liuskamenetelmiä ovat Felleniuksien ja Bishopin menetelmät. (Slunga 1990, 109)

2.3.1 Koheesiomaan liukupinnat

Koheesiomaan yleistapauksen laskenta etenee siten, että piirretään ensimmäinen liukupinta luiskaan. Liukupintaa sijoitettaessa pyritään ottamaan huomioon seuraavia asioita:

- a) Etsitään suurinta epätasapainoa. Tällöin liukuympyrän keskipiste on yleensä lähellä luiskan keskikohdalla olevaa pystylinjaa.
- b) Vaarallisin liukupinta pyrkii leikkaamaan lujimmat kerrokset ohuimmilta kohdista lyhyesti kun taas pehmeimmissä kerroksissa liukupinta pyrkii kulkemaan mahdollisimman pitkästi. (Jääskeläinen 2009, 207-208.)

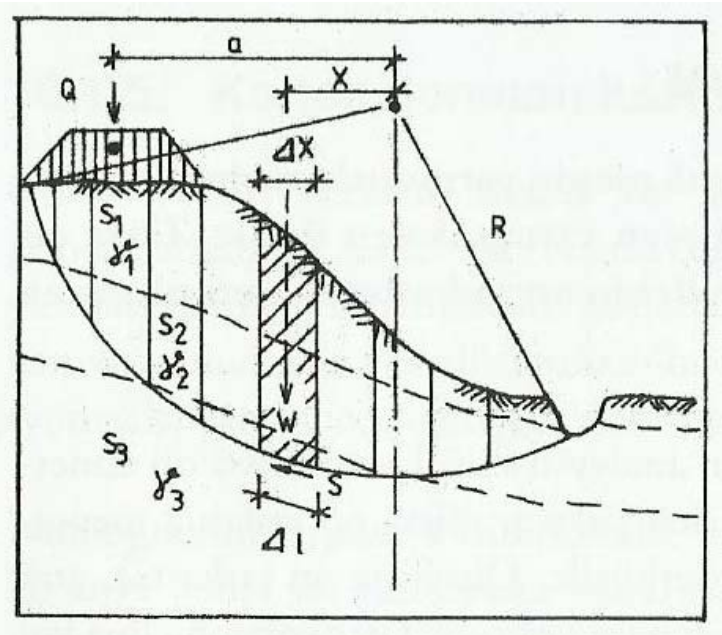
Laskenta etenee seuraavasti:

1. **Liukuympyrän yläpuolinen maa jaetaan lamelleihin.** Ensin jaetaan lamellirajat kohtiin, jossa liukupinta leikkaa maakerrosrajat. Sen jälkeen rajoja tiheennetään.
2. **Lasketaan passiivimomentti M_p .** Mitataan kuviosta kunkin lamellin liukupinnan pituus l ja kerrotaan se leikkauslujuudella s . Tulos on leikkausvoima lamellin pohjalla. Leikkausvoima kerrotaan momenttivarrella R . Lasketaan yhteen kaikista lamelleista saadut momentit. Lauseke on muotoa $M_p = \sum R \cdot \Delta l \cdot s = R \cdot \sum \Delta l \cdot s$.
3. **Lasketaan aktiivimomentti M_a .** Mitataan lamellien momenttivarret, eli vaakataivutukset liukuympyrän keskipisteestä lamellin keskipisteeseen. Mitta x on positiivinen kuvassa 3 esitetystä keskipisteen vasemmalla puolella, negatiivinen

oikealla puolella. Kunkin lamellin paino W kerrotaan sen momenttivarrella. Saadut momentit lasketaan yhteen. Ulkopuolinen kuorma Q lasketaan joko erikseen tai mukaan lamellien painoihin. Lauseke on muotoa $M_a = Q \cdot a + \sum W \cdot x$

4. **Lasketaan varmuuskerroin F murtoa vastaan.** $F = M_p / M_a$.
5. Laskenta uusitaan niin kauan, että pienin varmuuskerroin on saatu haarukoitua suurempien varmuuksien sisälle. Samalle ympyrän keskipisteelle on laskettava myös eripituisten säteiden R avulla liukupinnan varmuus. (Jääskeläinen 2009, 208.)

Kuvissa 3 ja 4 on esitetty koheesion maan yleistapauksen laskennan kulku. Tietokoneohjelmat, joita nykyään pääsääntöisesti laskennassa käytetään, laskevat kaiken edellä mainitun analyttisesti. Tietokoneohjelmissä on oleellista tarkistaa, että laskenta on ulottunut kaikkiin vaarallisiksi oletettaviin kohtiin. (Jääskeläinen 2009, 208.)



KUVA 3. Liukupinta-analyysi koheesiomaassa (Jääskeläinen 2009, 207).

Esimerkki käsin laskennan järjestelystä. (kuva 10/8)

Olkoon mallikuvassa 10/8 $s_1 = 35$, $s_2 = 20$ ja $s_3 = 15$ kN/m² sekä tilavuuspainot $\gamma_1 = 18,3$, $\gamma_2 = 17,8$ ja $\gamma_3 = 17,2$ kN/m³. Pohjavesipinta on liukupinnan alapuolella. $R = 4,6$ m. Lamellit on numeroitu vasemmalta oikealle 1 – 10.

Esimerkkinä varjostettu lamelli (6): Leveys = 0,7 m. $\Delta l = 0,75$ m. $\Delta l \cdot s = 0,75 \cdot 15 = 11,25$ kN. Lamellin paino = $(1,35 \cdot 18,3 + 1,15 \cdot 17,8 + 0,3 \cdot 17,2) \cdot 0,7 = 35,2$ kN.

Lamellin $x = 1,35$ m. $W \cdot x = 35,2 \cdot 1,35 = 47,52$ kNm.

Lamelli	s	Δl	$s \cdot \Delta l$	W	x	$W \cdot x$
1	35	1,05	36,75	2,75	4,3	11,83
2	20	0,8	16	11,45	3,95	45,23
3	20	1,05	21	25,35	3,35	84,92
4	15	0,8	12	32,2	2,7	86,94
5	15	0,8	12	37,8	2,0	75,60
6	15	0,75	11,25	35,2	1,35	47,52
7	15	0,7	10,5	28,3	0,65	18,40
8	20	0,7	14	21,4	- 0,1	- 2,14
9	20	0,75	15	14,45	- 0,8	- 11,56
10	20	1,1	22	12,95	- 1,55	- 20,07
			$\Sigma s \cdot \Delta l = 170,5$			
						$\Sigma W \cdot x = 336,67$

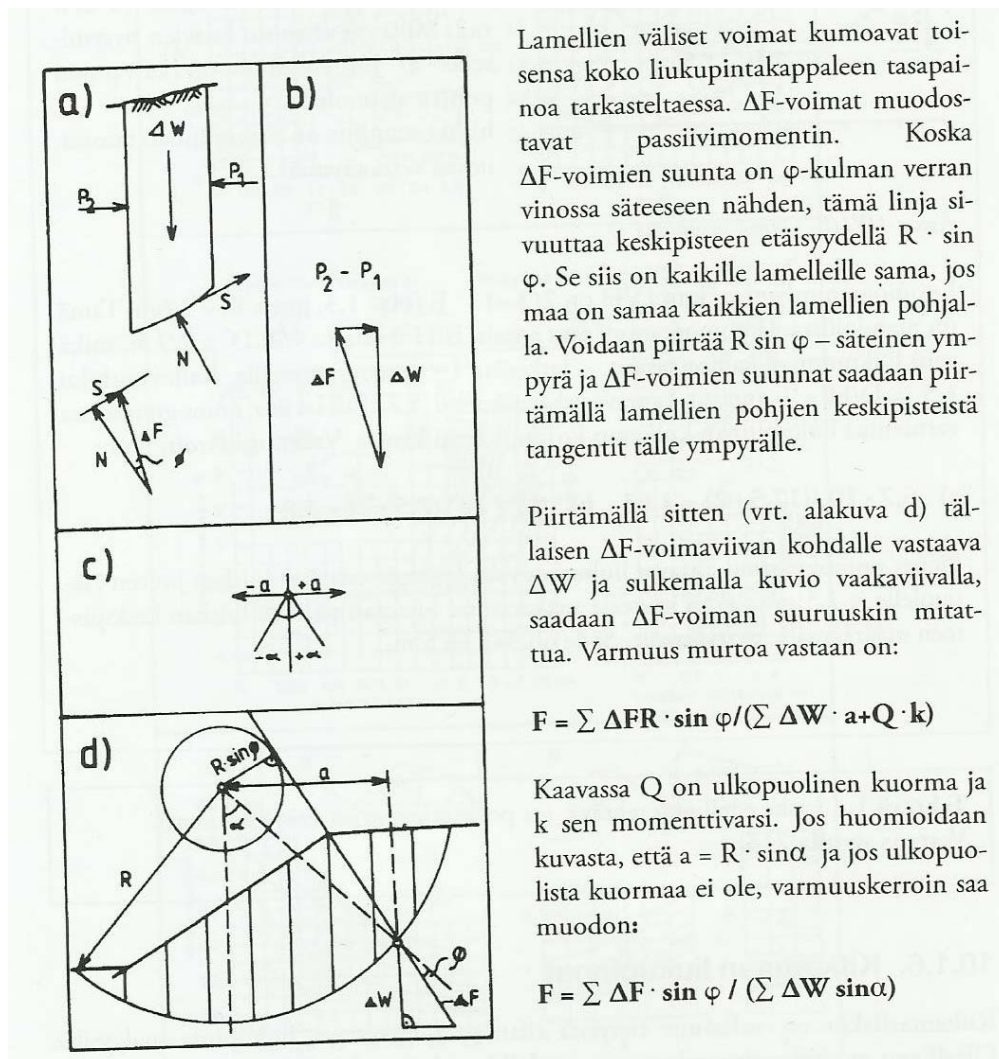
Ulkopuolinen kuorma = 23 kN ja sen momenttivarsi $a = 3,45$ m, mistä saadaan ulkopuoliseksi momentiksi = 79,35 kNm. $M_a = 336,67 + 79,35 = 416,02$ kNm.

$$M_p = 4,6 \text{ m} \cdot 170,5 \text{ kN} = 784,3 \text{ kNm.} \quad F = 784,5 / 416,02 = 1,89$$

KUVA 4. Esimerkki käsin laskennan järjestelystä (Jääskeläinen 2009, 209).

2.3.2 Kitkamaan liukupinnat

Kitkamaan liukupintojen ero edellisessä kappaleessa käsiteltyyn koheesiomaan liukupintoihin on, että leikkauslujuus ei ole vakio, vaan riippuu tarkasteltavalla kohdalla liukupintaa vastaan kohdistuvasta normaalijännityksestä. Kitkaympyrämenetelmässä maa jaetaan lamelleihin, lasketaan lamellien painot ja aktiivimomentti samoin kuin koheesiomaan liukupinnoilla. Passiivimomentin laskemista varten syvennyttään tarkastelamaan yhden lamellin tasapainoehtoja. Lamellin paino vaikuttaa pystysuoraan alaspäin. Reaktiovoima ΔF , joka kohdistuu liukupinnan pohjaan, on pinnan normaalin nähden kitkakulman verran vinossa. Olettamalla lamelliin viereisistä lamelleista kohdistuvien sivuvoimien erotus vaakasuoraksi, voidaan tasapainovoimakuvio piirtää. Oletuksessa on pientä epätarkkuutta, joka on todettu jäävän muutama prosenttiin. (Jääskeläinen 2009, 211-2012.)



Kuva 5. Kitkamaan liukupinnan laskenta kitkaympyrämenetelmällä Jääskeläisen mukaan (Jääskeläinen 2009, 212).

2.3.3 C - φ -menetelmä

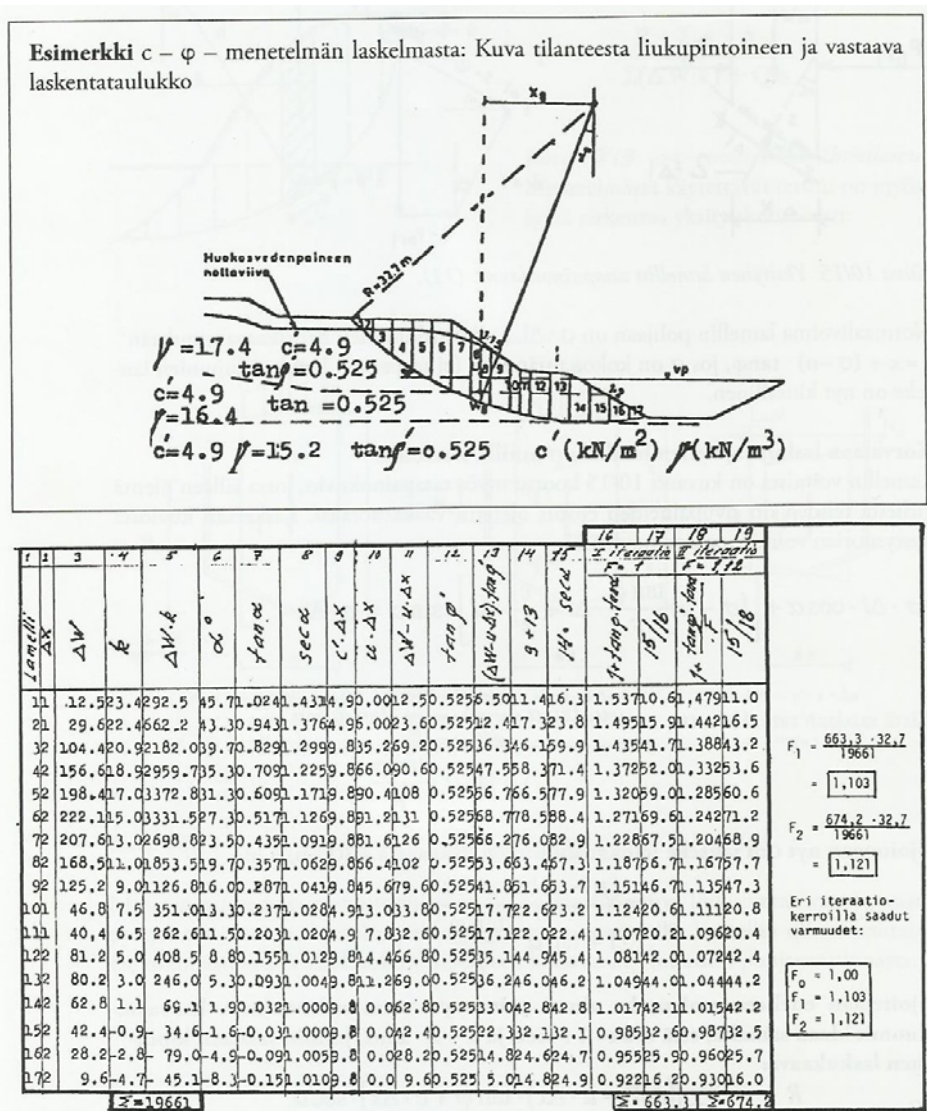
C - φ - menetelmä ottaa huomioon yhtäaikaaisesti maassa oleva kitkan, koheesion ja huokosvedenpaineen. Kaavassa 1 esitetään liukupinnan laskentakaava c - φ - menetelmällä. Tietokoneohjelmissa, kuten Geocalcissa, käytetään tätä menetelmää. Jos ohjelmassa merkitään kitka nollassi, se toimii koheesiomaan menetelmän tavoin ja päinvastoin. (Jääskeläinen 2009, 2013.)

$$F = \frac{R}{Q \cdot a + \sum \Delta W \cdot k} \cdot \frac{\sum \left[(\Delta W - u \cdot \Delta x) \cdot \tan \varphi + c \cdot \Delta x \right] \cdot \sec \alpha}{1 + \frac{\tan \alpha \cdot \tan \varphi}{F}}$$

KAAVA 1. C – φ – menetelmän laskentakaava Jääskeläisen mukaan (Jääskeläinen 2009, 215).

Kaavassa varmuuskerroin F jää yhtälöön molemmille puolille, mikä vaatii ratkaistaessa iterointimenettelyä. Ensimmäisellä yrityksellä laskuun sijoitetaan $F = 1$ ja seuraavalla kerralla se arvo, minkä lauseke antoi F:lle. (Jääskeläinen 2009, 215-216.)

Liukupinnan varmuuden käsin laskennan kaava Jääskeläisen mukaan on esitetty kuvassa 6.



Kuva 6. Kuva laskelman tilanteesta liukupintoineen ja vastaava laskentataulukko (Jääskeläinen 2009, 216).

2.4. Maastotiedot, niiden hankinta ja kalusto

Liukupinta-analyysia varten tarvitaan maasto- ja maaperätietoja. Kunnista ja Maanmittauslaitokselta on saatavilla ajantasaisia karttoja. Maanmittauslaitokselta on mahdollista saada laserkeilausaineistoja, joiden perusteella on mahdollista muodostaa tarkka maastomalli maanpinnan muodoista tutkittavalla alueella. Laserkeilausaineistoja ei kuitenkaan vielä ole saatavilla kaikilta alueilta, ja epätarkkuuksien välttämiseksi on muutoinkin syytä tutkimusalueella suorittaa pintavaaitus maastomittauslaitteistolla. Mikäli tutkimusalueelle sijoittuu vesistö, on myös sen pohjan muoto kartoitettava esimerkiksi luotaamalla. (Kaunismäki 2012.)

Maaperätutkimus perustuu aina tutkimussuunnitelmaan. Tutkimussuunnitelma on kevyimmillään katselmus kohteella ennen töiden aloittamista, mutta vaativimmissa tapauksissa on toimituskohtana laadittava aina yksityiskohtainen suunnitelma käytettävistä kairausmenetelmistä, näytteenotosta ja mahdollisista pohjavesiputkien asentamisesta. Joskus kohteesta on jopa saatavilla aiempaa tutkimustietoa, ja tällöin on mahdollista laatia hyvinkin tarkka tutkimussuunnitelma. (Kaunismäki 2012.)

Maaperästä hankitaan tietoa kairauksilla, näytteenotolla ja pohjaveden pinnan havainnoilla. Painokairauksia käytetään tavanomaisesti kerrosrajojen selvittämisessä, vaihtoehtoisesti voidaan käyttää puristin-heijarikairauksia. Paino- tai puristinkairauksia tarvitaan kolmannen ja tutkimuksen kannalta tärkeimmän, siipikairauksen, lähtötietojen hankkimiseksi. Paino- tai puristinkairauksen avulla määritetään ne kerrokset, joista siipikairauksia tehdään. Siipikairauksilla määritetään maaperästä suljettu leikkauslujuus eli koheesio. Tavanomaisesti leikkauslujuuden määrittäminen tehdään noin 0,5 tai 1,0 metrin välein savikerroksen alapintaan saakka. Siltti- ja kuivakuorikerroksista on leikkauslujuuden määrittäminen siipikairauksella harkittava erikseen, koska se on yleensä hyvin hankalaa. (Kaunismäki 2012.)

Leikkauslujuus määritetään luiskissa yleensä vähintään kolmesta tutkimuspisteestä. Tutkimuspisteiden välinen etäisyys tulisi kuitenkin olla noin korkeintaan 40 -50 metrin välillä. Tutkimuksen aikana on harkittava, tarvitaanko lisätutkimuspisteitä alkuperäisen tutkimussuunnitelman lisäksi. Tutkimuspisteet sijoitetaan luiskassa kohtisuoraan luiskan reunaa kohti. (Kaunismäki 2012.)

Tutkimuskohteesta tarvitaan tietoa myös pohjaveden pinnan sijainnista ja mahdollisesta huokosveden ylipaineesta. Pohjaveden pinnan määrittelyyn soveltuu hyvin pohjavesiputki, josta käytetään toisinaan nimitystä pohjavesiasema. Pohjavesiputkilla on mahdollista mitata myös huokosylipainetta, mikäli havaintoputki onnistutaan saamaan oikeaan vettä johtavaan kerrokseen. Tällaisissa tapauksissa pohjavesi nousee havaintoputkessa yli maanpinnan korkeuden ja havaintoputkea joudutaan mahdollisesti jatkamaan pidemmäksi. (Jääskeläinen 2009, 276.)

Kairaustulosten perusteella on aina arvioitava, onko kohteessa mahdollisesti orsivesikerroksia. Orsiveden ja pohjaveden pintaa voidaan kumpaakin mitata, kun havaintoputkia asennetaan erilaisille syvyyksille. Mikäli tutkimuskohteessa kairausreiät pysyvät auki, voidaan pohjaveden pinnasta saada tietoa myös niistä mittaamalla. (Jääskeläinen 2009, 276.)

Huokosveden painetta voidaan mitata maaperään upotettavilla huokospaineantureilla. Anturi upotetaan maahan kairavaunulla. Anturissa on kiinni johtimet, joista tieto voidaan lukea erillisellä dataloggerilla. Paineellisen pohjaveden esiintyminen kohteessa on tärkeimpiä tutkimuksella selvitettäviä asioita, koska sen esiintyminen heikentää luiskavakavuutta merkittävästi. (Kaunismäki 2012.)

Luiskavakavuutta tutkittaessa otetaan yksinkertaisimmissakin tapauksissa vähintään häiriintyneitä näytteitä maalajin arvioimiseksi tai määrittämiseksi ja aina vesipitoisuuden määrittämiseksi. Kun maasta halutaan selvittää koheesion lisäksi myös sen kitkaominaisuuksia, tarvitaan tällöin häiriintymättömiä maanäytteitä. Häiriintymättömien maanäytteiden ottamiseen on olemassa erityisiä näytteenottimia. Näytteenotin on tavanomaisempia häiriintyneiden näytteiden ottamiseen tarkoitettuja ottimia huomattavasti monimutkaisempi ja vaatii asiaan perehtyneisyyttä. Näyte ei saa työn aikana missään tapauksessa häiriintyä. Häiriintymättömät näytteet otetaan tavallisesti 50 mm halkaisijaltaan oleviin kuparisiin näyteputkiin. Yhden näytteen korkeus on 20 cm ja yhdellä kerralla maasta otetaan kolme näyteputkellista näytettä. Nämä näytteet edustavat tällöin 60 cm paksuista kerrosta maasta. Näytteenottosyvyyden ratkaisee aina kairauksilla saatu tieto pohjamaasta. (Kaunismäki 2012.)

2.5. Laboratoriotutkimukset

Kairausten avulla voidaan maalajia arvioida jo maastossa. Tarkempaa maalajin määrittystä varten tarvitaan maanäytteiden laboratoriotutkimuksia. Jo pelkästään maanäyte kuivaamalla voidaan tarkentaa kairauksilla saatua maalajiarviota. Vesipitoisuus määritetään kuivaamisen yhteydessä punnitsemalla maanäyte ennen ja jälkeen kuivauksen. (Jääskeläinen 2009, 16-34; Kaunismäki 2012.)

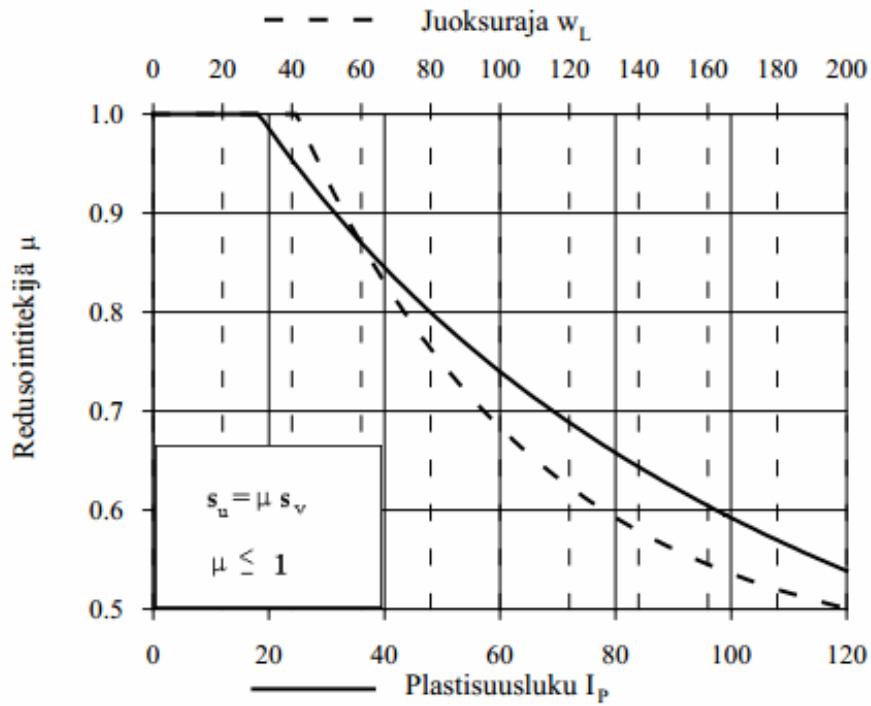
Maalajin määrittäminen tehdään hienorakeisille maalajeille areometrikokeella. Mikäli maa on karkeampaa, tehdään maanäytteelle kuivaseulonta. Moreenien maalajin määrittämiseen tarvitaan yleensä kolme tutkimusta. Ensimmäisenä suoritetaan pesuseulonta, jolla erotetaan maasta hienoaines. Pesuseulalle jäänyt maa kuivataan uudelleen ja sille tehdään vielä kuivaseulonta. Alkuperäiselle maanäytteelle tehdään vielä areometrikoe moreenin tutkimusmenetelmää käyttäen. (Jääskeläinen 2009, 16-34.)

Edellisessä kappaleessa kerrottiin häiriintymättömistä maanäytteistä. Liukupintatarkasteluissa saatetaan tarvita tarkempia maaperän parametreja, jolloin usein tarkoitetaan leikkauslujuutta ja kitkakulmaa. Näiden parametrien määrittämiseen soveltuu parhaiten kolmiaksausleikkaus. (Jääskeläinen 2009, 107-109; Kaunismäki 2012.)

2.6. Siipikairautulosten redusointi

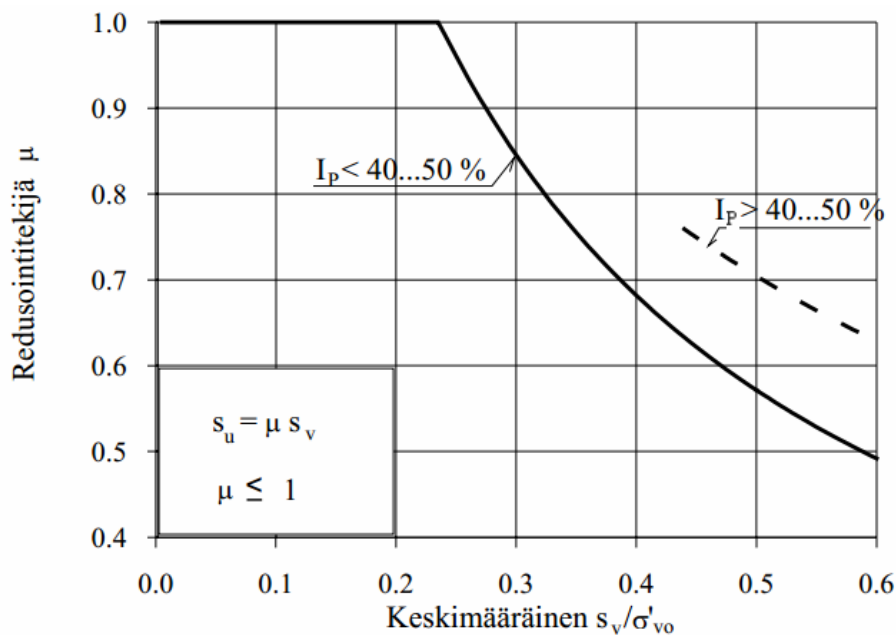
Todellisen liukupinnan ja siipikairauksella aiheutetun maan leikkautumisessa on kokemusperäisesti todettu olevan eroa johtuen muun muassa leikkautumisnopeudesta ja maan anisotrooppisuudesta (SGY 1995, 7). Siksi on kehitetty erilaisia redusointimenetelmiä. Siipikairauksin saadut suljetun leikkauslujuuden arvot on pääsääntöisesti redusoitava suunnittelijan parhaaksi katsomallaan tavalla. (Tielaitos 1994, 15.)

Suomen geoteknillisen yhdistyksen SGY siipikairausoppaan (SGY 1995) mukaan voidaan siipikairausleikkauslujuus s_v redusoida kuvasta 7 saatavalla redusointitekijällä μ , kun tunnetaan joko saven juoksuraja W_L tai plastisuusluku I_p (Kuva 7).



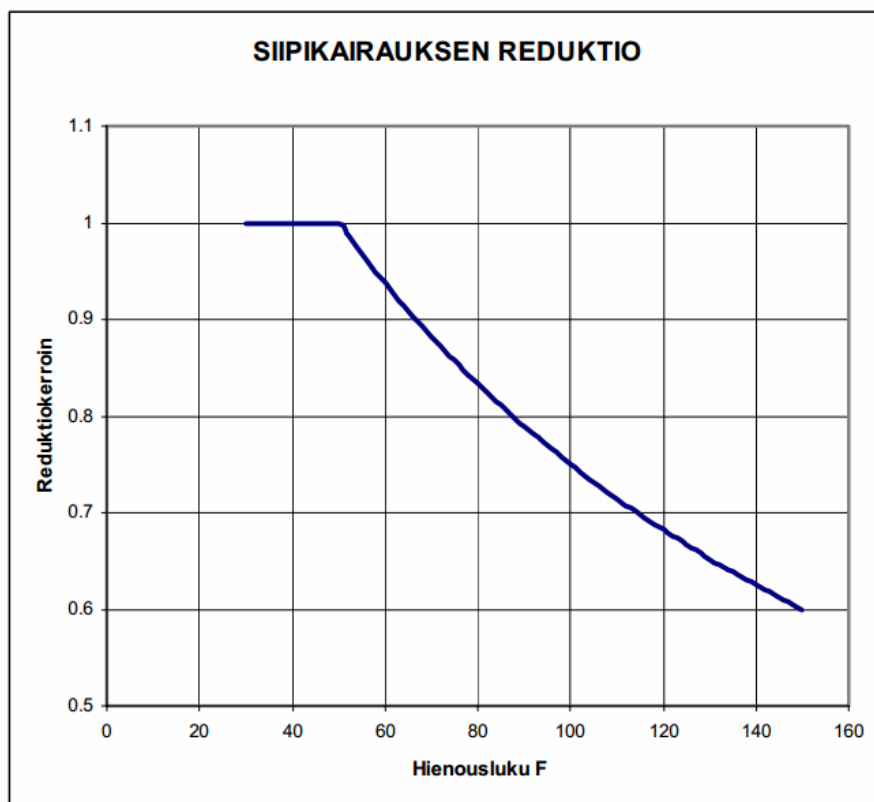
Kuva 7. Siipikairausleikkauslujuuden redusointi plastisuusluvun tai juoksurajan avulla (SGY 1995, 7).

Murtopinnassa vallitseva jännitys- ja konsolidaatiotila vaikuttaa myös siipikairaus tulosten käyttökelpoisuuteen (SGY 1995, 8). Kuvassa 8 on esitetty tulosten redusointi keskimääräisen suhteen siipikairausleikkauslujuuden s_v , tehokkaan pystysuuntaisen jännityksen σ'_{v0} ja saven plastisuusluvun I_p avulla (Kuva 8).



Kuva 8. Siipikairausleikkauslujuuden redusointi keskimääräisen suhteen s_v/σ'_{v0} avulla (SGY 1995, 8).

Ratahallintokeskuksen julkaisussa B 15 (Radan stabiliteetin laskenta, olemassa olevat penkereet) on esitetty redusointimenetelmä siipikairauksilla tai kartiokokeilla määritetyille leikkauslujuuksille (kuva 9). Menetelmää varten pitää savesta määrittää hienousluku F. (Ratahallintokeskus 2005.)



Kuva 9. Siipikairaus- ja kartiokoeleikkauslujuuden redusointi (Ratahallintokeskus 2005, 5).

2.7. Luiskan ja liukupinnan mallintaminen

Tässä opinnäytetyössä kerrotaan liukupintojen mallintamisesta Novapoint Geocalc-ohjelmalla.

Liukupintojen mallintamiseen on aikaisemmin ollut käytössä useampiakin tietokonepohjaisia ohjelmia. Yksinkertaisempia luiskien vaarallisimpia liukupintoja voidaan tarkastella tietenkin myös käsin laskemalla tai käyttämällä luiskanomogrammeja. (Kaunismäki 2012.)

Geocalcilla mallintaminen aloitetaan maan kerrosrajojen määrittelyllä. Ohjelmaan voidaan tuoda muulla ohjelmalla, esimerkiksi Autocadilla, luotu kuva. Tutkimustietojen perusteella määritetään ohjelmaan maaperän kerrosrajat ja annetaan niille parametrit. Maakerrosten lujuusparametri voidaan antaa syvyyden mukaan muuttavana neljällä eri tavalla. Oletuksena on vakio, jolloin parametria ei muuteta. Muut vaihtoehdot ovat syvyyden mukaan kasvavana laskettuna maanpinnasta, syvyyden mukaan kasvavana kerroksen yläpinnasta tai interpoloituna kerrosten välillä. Pohjaveden pinta voidaan antaa näyttämällä sitä kuvaavaa viivaa ja tarvittaessa vain kuvaamaan missä käytetään vedellä kyllästettyä maan tilavuuspainoa. Ulkoinen vedenpinta voidaan joko asettaa kulkemaan pitkin maanpintaa tai mallintamaan sitä vastaavia vaak- ja pystysuuntaisia kuormia. Huokosveden ylipaine voidaan antaa tasa-arvokäyrinä joko interpoloituna pystysuoraan tai kohtisuoraan tasa-arvokäyriin nähden. (Länsivaara 2009.)

Ohjelmaan voidaan mallintaa myös pysty- ja vaakasuuntaisia kuormia ja lisäksi myös maanjäristyskuorma. Mahdolliset vetohalkeamat voidaan mallintaa tarkasti tai antamalla alueen, jossa halkeamia esiintyy. Päätyvastus voidaan ottaa huomioon syöttämällä ohjelmaan maan lepopaine kertoimen, liukuvan kappaleen pituuden ja varmuuskertoimen päätyvastukselle. Liukupinnan kulkua mallissa voidaan rajoittaa määrittelemällä malliin alue, jonka läpi liukupinta ei voi kulkea. (Länsivaara 2009.)

Geocalc-ohjelman stabiliteettilaskenta perustuu yleiseen lamellimenetelmään. Ohjelmassa on yleisimmät lamellimenetelmään perustuvat laskentamenetelmät. Menetelmät voidaan jakaa yksinkertaisiin menetelmiin kuten Bishopin ja Janbun yksinkertaistetut menetelmät, ja tarkkoihin kuten Janbun yleinen sekä Morgenstern-Price- menetelmät. Yksinkertaiset menetelmät toteuttavat joko momenttitasapainoehdon tai voimatasapainoehdon, tarkat menetelmät toteuttavat yleensä molemmat. (Länsivaara 2009.)

Liukupintatarkastelun yksi päätavoitteista on vaarallisimman liukupinnan löytäminen. Ympyrän kaaren muotoisilla liukupinnoilla, kuten Bishopin menetelmässä, vaarallisimman liukupinnan löytäminen on yksinkertaista hakemalla pienimmän varmuuskertoimen antava ympyrän keskipisteen sijainti annetulta alueelta. Ohjelmassa käyttäjä antaa ohjelmalle liukupinnan lähtö- ja tuloalueiden rajat. Jotta ohjelman antamia tuloksia analysoidaisiin oikein, on muistettava kaksi asiaa. Mikäli liukupinta alkaa tai päättyy annetun alueen rajaan, on alueen ulkopuolella todennäköisesti vielä vaarallisempi liukupinta. Mikäli annetut alueet ovat hyvin laajat, on laskennan edetessä kavennettava rajo-

ja, jotta laskenta tarkentuisi ja vaarallisin liukupinta varmasti löytyisi. (Länsivaara 2009.)

2.8. Tulosten tarkastelu

DI Olli Härmä on diplomityössään vuonna 1991 tutkinut Kyrönjoen rantasortumia ja niiden syitä. Härmä on erityisesti tutkinut eri menetelmien soveltuvuutta luiskavakavuuden arviointiin, koska teorian paikkansapitävyys on sortumatapauksessa helppo tarkastaa. Kun sortuma tapahtuu, on luiskan varmuus sortumahetkellä korkeintaan 1,00. Härmä kiinnittää erityistä huomiota siipikairaustulosten redusointiin. Härmän mielestä maastotutkimuksissa tulee kiinnittää erityisesti huomiota huokosveden ylipaineen olemassaoloon ja hydraulisen pohjannousun vaaraan. Härmä on sitä mieltä, että vakavuus-tarkasteluissa tulisi aina käyttää $c-\phi$ – menetelmällä, koska se ottaa huomioon myös huokospaineen vaikutuksen. Härmän mielestä $\phi=0$ menetelmää voidaan käyttää, mikäli siipikairauksin hankitut leikkauslujuustulokset on redusoitu oikein. Lisäksi tätä menetelmää tulee käyttää ainoastaan lyhytaikaisen varmuuden arviointiin. (Härmä 1991, 81-84.)

Haastattelin entistä Etelä-Pohjanmaan elinkeino-, liikenne ja ympäristökeskuksen vesistöryhmän päällikköä, DI Martti Kujanpäää 5.1.2012 Koskenkorvan korjaussuunnitelman palaverin yhteydessä. Kujanpää kertoi, että esimerkiksi rautateillä on käytetty monilla maapohjaltaan heikoilla osuuksilla varmuusluvun miniminä arvoa 1,3. Etelä-Pohjanmaalla Kyrön- ja Lapuanjokien tulvasuojeluhankkeissa on käytetty niin ikään 1,3 varmuusluvun minimiä. Syy näin alhaisille varmuusluville suhteessa pohjarakennusohjeissa määrättyyn on yleensä ollut raha. Suuremman varmuusluvun käyttö olisi hankkeissa vaatinut huomattavasti suurempia taloudellisia ponnisteluja. Kujanpään mukaan Lapuan- ja Kyrönjokien rantamailla on paljon rakennuskantaa, missä rantaluiskan varmuus ei ole lähelläkään vaadittua 1,8. Kujanpään mukaan eri hankkeissa on harkittu tapauskohtaisesti varmuusluvun minimin arvoa. (Kujanpää 2012.)

Geocalc-ohjelmassa on mahdollista suorittaa herkkyystarkastelua joko yksittäiselle maakerrokselle tai kaikille. Lisäksi ohjelmassa on mahdollisuus esittää kaikki lasketut liukupinnat halutulta varmuuslukujen vaihteluväliltä. (Länsivaara 2009.)

3 LUISKAVAKAVUUDEN PARANTAMISEN MENETELMÄT

Seuraavassa on esitetty mahdollisia menetelmiä luiskavakavuuden parantamiseksi. Menetelmän tai niiden yhdistelmien valinta on aina tapauskohtaista maaperän ominaisuuksien ja alueen käyttötarkoituksen takia. (Kaunismäki 2012.)

3.1. Kevennykset

Luiskan kevennys on tyypillisesti tehokas keino parantaa luiskavakavuutta. Luiskan yläreunaan tehtävät kevennysleikkaukset tai massanvaihto keveämpään ainekseen vähentää tehokkaasti luiskaa sorruttavan aktiivimomentin suuruutta. Keventäminen on muihin ratkaisuisin nähden edullinen tekniikka parantaa luiskavakavuutta. Etenkin keventäminen leikkaamalla, mikäli olosuhteet sen sallii, on erittäin kustannustehokas ratkaisu. Mikäli maanpinnan muodon luiskan yläreunassa halutaan säilyttää entisellään tai jopa nostaa ylemmäksi, on ratkaisu käyttää tällöin esimerkiksi kevytsora-, vaahtolasi- tai EPS-harkkotäytteitä. Tällöin kaivanto maanpinnan alapuolelle muotoillaan vastamaan yläpuolista pengertä niin, että poistetun maan ja kevennysmateriaalin painon erotus on negatiivinen. Eli poistetun maan paino on suurempi kuin käytetyn keventeen ja mahdollisesti sen päälle tulevan penkereen yhteispaino. (Jääskeläinen 2009, 209-210.)

3.2. Pystysalaojitus

Pystysalaojituksella voidaan vähentää äkillisen ja haitallisen huokosveden ylipaineen vaikutusta. Pystysalaojaa pitkin pääsee huokosvesi purkautumaan vettä johtavasta kerroksesta läpi ylemmän ja tiiviimmän maakerroksen. Pystyोजना voidaan käyttää esimerkiksi maahan tehtäviä niin kutsuttuja hiekkakaivoja tai toisin sanoen hiekkapystyöjia. Tiiviin, heikosti vettäläpäisevän kerroksen läpi porataan halkaisijaltaan noin 100 millimetriä oleva reikä, joka täytetään hyvin vettä läpäisevällä hiekalla tai soralla. Näistä hiekkakaivoista pääsee huokosveden ylipaine purkautumaan eikä näin ollen pääse heikentämään luiskassa olevan maan kitkaparametria. (Härmä 1991, 84; Jääskeläinen 2009, 208; Kujanpää 2012.)

Infrarakentamisessa käytetään nykyään lähes vastaavaan tarkoitukseen valmistettuja nauhoja, joissa on esimerkiksi suodatinkankaan kuoren sisällä muovinen, kouruileva profiili tai huokoiseksi tehty massa, missä vesi pääsee virtaamaan. Näitä nauhoja asennetaan erikoislaitteistolla noin 1-1,5 metrin ruudukkoon. Infrarakentamisessa pystysalaojien tarkoitus on nopeuttaa veden virtausta pehmeikkökerroksista pengerrakentamisessa, mutta luiskavakavuuden parantamisen näkökulmasta tarkoitus on samanlainen eli purkaa huokosveden ylipaine tiiviin maakerroksen läpi. (Jääskeläinen 2009, 209.)

Hiekkapystyöjia käytettäessä tulee huomioida mahdollinen pohjaveden alueellinen alenema ja sen aiheuttamat haitat (Härmä 1991, 84).

3.3. Vastapenkereet

Vastapengerrakenne vaikuttaa luiskassa lisäten paikallaan pitävän voiman, negatiivisen aktiivimomentin suuruutta. Vastapenger vaatii yleensä tilaa, joka tulee paikasta riippuen ottaa huomioon joko veden vapaan virtauksen tai maanomistustilanteen mukaisesti. (Kaunismäki 2012; Kujanpää 2012.)

3.4. Vedenpinnan nosto ranta-alueella

Vedenpinnan nosto vaikuttaa luiskassa passiivimomentin suurentumiseen ja sitä kautta luiskavakavuus paranee. Esimerkiksi jokirantaluisissa, jossa on tavattu heikkoja luiskavakavuuksia ja sortumia on syntynyt, voidaan luiskavakavuutta parantaa vedenpinnan nostolla. Vedenpintaa voidaan nostaa esimerkiksi rakentamalla uomaan pohjapatoja. Vesi uomassa vaikuttaa kuten vastapenger. Jo yhden metrin veden pinnan nostolla voidaan vaikuttaa luiskavakavuuteen merkittävästi ja estää sortumien syntyminen. (Kaunismäki 2012; Kujanpää 2012.)

3.5. Massanvaihto

Massanvaihto luiskaan juureen vaikuttaa sekä passiivimomenttiin että huokosveden ylipaineeseen. Kun massanvaihto tehdään vettä hyvin läpäisevästä materiaalista, kuten

esimerkiksi karkeasta murskeesta tai pienlouheesta, pääsee huokosveden ylipaine purkautumaan täytön läpi ja vähentäen näin sortumariskiä. (Kaunismäki 2012; Kujanpää 2012.)

3.6. Stabilointimenetelmät

Stabiloinnilla voidaan löyhä maa lujittaa siten, että luiskaa paikallaan pitävä leikkauslujuus kasvaa (Liikennevirasto 2010).

Pilaristabiloinnilla voidaan luiskien vakavuutta parantaa, kun pilareista tehdään yhtenäisiä, luiskaa vasten kohtisuoria lamelleita. Lamellirakenteissa pilarit sijoitetaan toisiinsa nähden niin, että ne ovat vähintään 50 mm toisiaan leikkaavia. Mikäli pilareiden väliin jää rakoja, rakenne jää heikoksi. Yli kymmenen metriä pitkät pilarit tai muutoin vaativissa olosuhteissa pilarit tulee suunnitella leikkaamaan toisiaan enemmänkin. Lamellien keskinäinen etäisyys suunnitellaan tapauskohtaisesti. (Liikennevirasto 2010, 28.)

Massastabilointia voidaan käyttää mikäli pehmeän, leikkauslujuudeltaan heikon maa-kerroksen paksuus on alle 5-7 metriä riippuen suunniteltavasta alueesta. Yleensä maksimisyvyytenä on käytetty noin viittä metriä, mutta massastabilointiurakoitsijoiden mukaan jopa 6-7 metrin syvyys on mahdollista. Vakavuustarkastelussa massastabiloidulle kerrokselle käytetään leikkauslujuutena stabiloitavan kerroksen valittua mitoituslujuutta redusoimattomana. Tyypillisesti stabiloinnilla tavoitellaan noin 30-70 kN/m² leikkauslujuutta, joskus myös yli 100 kN/m² leikkauslujuutta. (Liikennevirasto 2010, 48.)

Stabilointi on kallis menetelmä luiskavakavuuden parantamiseen ja tulee kysymykseen yleensä vasta kun muut vaihtoehdot eivät sovellu kohteeseen (Kujanpää 2012).

4 CASE: KYRÖNJOEN RANTALUISKAN SORTUMAN TUTKIMUS JA LUIKAVAKAVUUSTARKASTELU

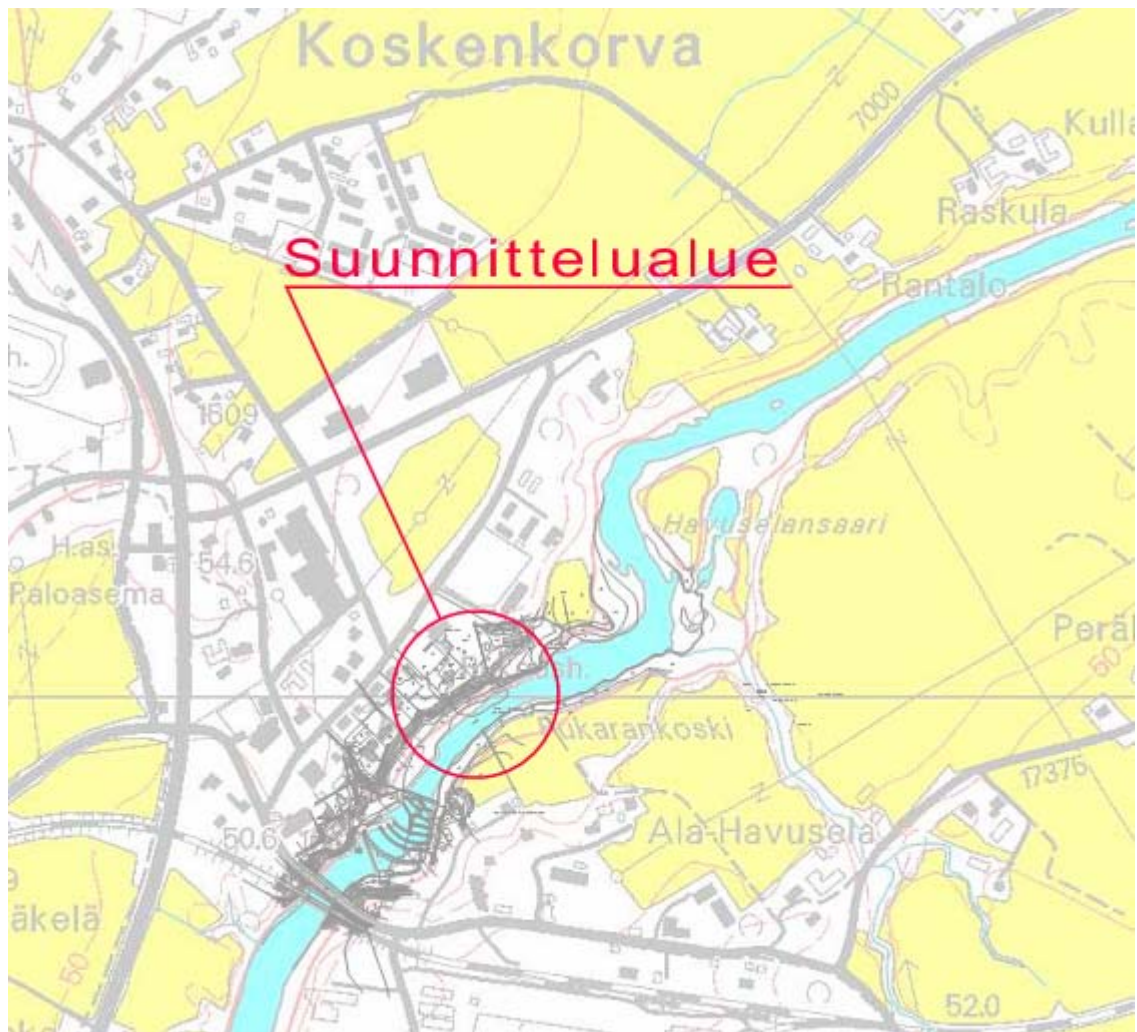
4.1. Yleistä

Kuten tämän opinnäytetyön ensimmäisessä kappaleessa on jo kerrottu, oli tämän työn tarkoituksena tutkia Ilmajoen Koskenkorvalla sortunutta luiskaa ja esittää kohteeseen korjausvaihtoehtoja ja niiden kustannuksia. Lopuksi Etelä-Pohjanmaan ELY-keskuksen ja maanomistajan hyväksymä vaihtoehto kilpailutettiin ja toteutettiin keväällä 2013. Kuvassa 10 näkyy tilanne Kyrönjoessa sortuman jälkeen.



KUVA 10. Tilanne sortuman jälkeen Kyrönjoessa (Kari Kallio).

Sortuma tapahtui aamuyöllä 7.10.2011. Sortumaa edelsi sateinen syyskuu. Syyskuun loppu ja lokakuun alku olivat hivenen kuivempia, ja tällöin Kyrönjoen vedenpinta laski nopeasti. Marraskuussa 2011 Etelä-Pohjanmaan ELY-keskus pyysi tarjouksia sortuma-alueen maaperätutkimuksesta ja liukupintatarkastelusta. Suunnittelutoimisto Aluetekniikka Oy voitti tarjouskilpailun, ja näin tutkimustyöt pääsivät käyntiin marraskuun lopulla 2011. Kuvassa 11 on tarkemmin rajattuna kohteen tutkimus- ja suunnittelualue.



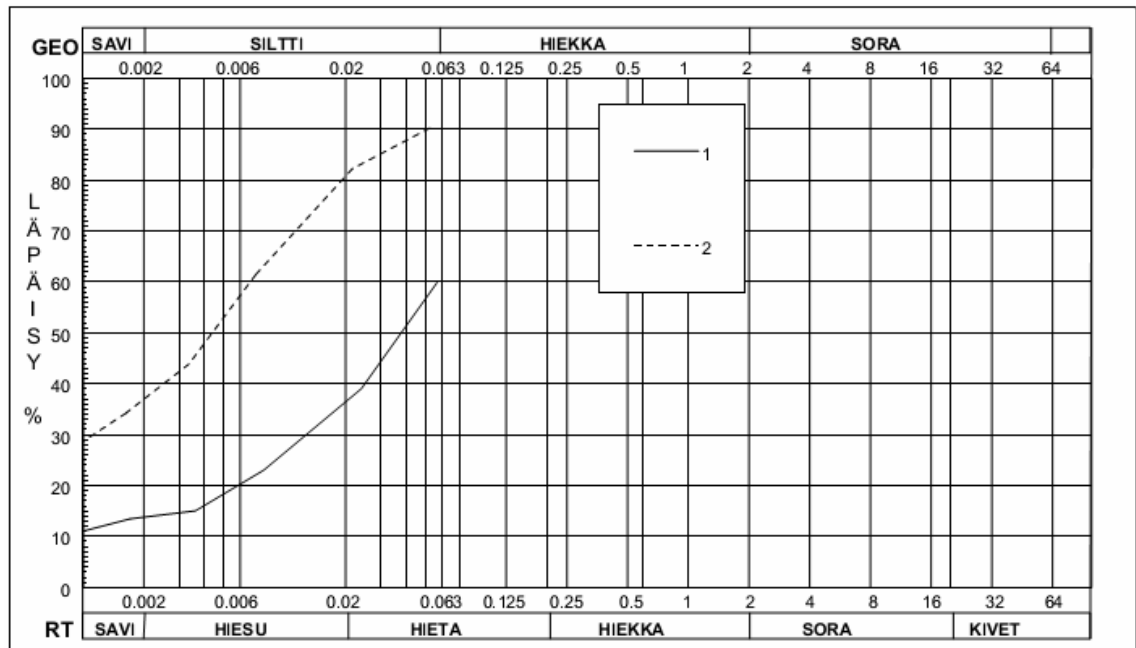
KUVA 11. Yleiskartta suunnittelualueesta (Liite 1).

4.2. Lähtötietojen hankinta

Ennen maastotutkimustöitä tehtiin yhdessä ELY-keskuksen kanssa tutkimussuunnitelma kuvan 13 mukaisesti. Tutkimussuunnitelma sisälsi kaksi poikkileikkausta, joista toinen sijoitettiin keskelle sortumaa (leikkaus B-B) ja toinen sortuma-alueen ylävirran puolelle (leikkaus A-A). Tutkimussuunnitelma on esitetty kuvassa 12.

Molempiin leikkauksiin sijoitettiin kolme tutkimuspistettä, joista päätettiin tehdä jokaisesta painokairaus ja siipikairaus. Lisäksi leikkaukseen A-A sijoitettiin pohjaveden havaintoputkia kaksi kappaletta ja leikkauksesta B-B otettiin häiriintyneet maanäytteet maalajin ja vesipitoisuuden määrittämiseksi. Alueelta saatiin Ilmajoen kunnan ylläpitämä kaavan pohjakartta dwg-muotoisena. Etelä-Pohjanmaan ELY-keskus toimitti alueelta tehdyn laserkeilausaineiston. Laserkeilausaineiston perusteella voitiin luoda

esitetty kuvassa 13. Kairaus- ja maastomittaustulokset syötettiin tietokoneelle, jonka avulla voitiin tiedot tulostaa kartalle ja leikkauspiirustuksiin.



KUVA 13. Tutkimuspisteestä 5 otettiin syvyyksiltä 1,9 ja 3,9 metriä häiriintyneet maanäytteet, joiden rakeisuus määritettiin areometrikokeella (Liite 1).

Tutkimuksesta laadittiin tutkimuskartta ja kolme leikkauspiirustusta. Leikkauspiirustuksissa esitettiin tiedot leikkauksesta A-A sekä leikkauksesta B-B ennen sortumaa ja sortuman jälkeen.

4.3. Vakavuustarkastelu

Leikkauspiirustukset siirrettiin Geocalc-ohjelmaan liukupintatarkastelua varten. Maan kerrosrajojen määrittely Autocadissa on hieman helpompaa ja nopeampaa paremman käyttöliittymän takia kuin Geocalcissa. Lisäksi kerrosrajat voidaan Geocalcissa näyttää suoraan Autocadissa tehdyistä viivoista. Kerroksille määritettiin parametrit, jotka on esitetty leikkauksen A-A osalta taulukossa 2 ja leikkauksen B-B osalta taulukossa 3. Laskenta suoritettiin Bishopin yksinkertaisella menetelmällä hakemalla leikkauksen vaarallisinta liukupintaa. Leikkauksessa A-A vaarallisimman liukupinnan varmuuskerroin F oli 1,33. Leikkauksessa B-B vaarallisimman liukupinnan varmuuskerroin ennen sortumaa oli 1,01 ja sortuman jälkeen 1,21.

TAULUKKO 2. Novapoint Geocalcissa käytetyt maakerrosten parametrit leikkauksessa A-A (Liite 1).

Id	Soil layer	γ [kN/m ³]	γ_{sat} [kN/m ³]	c [kPa]	Φ [°]	c [kPa/m]	Φ [°/m]	Material Type	ru	ruq
1		17,00	-999,00	15,00	0,01	0,00	0,00	Independent on depth	0,00	0,00
2		17,00	-999,00	20,00	0,01	0,00	0,00	Independent on depth	0,00	0,00
3		17,00	-999,00	30,00	0,01	0,00	0,00	Independent on depth	0,00	0,00
4		17,00	-999,00	40,00	0,01	0,00	0,00	Independent on depth	0,00	0,00
5		17,00	-999,00	70,00	0,01	0,00	0,00	Independent on depth	0,00	0,00
6		17,00	-999,00	13,00	0,01	0,00	0,00	Independent on depth	0,00	0,00
7		17,00	-999,00	20,00	0,01	0,00	0,00	Independent on depth	0,00	0,00
8		17,00	-999,00	10,00	0,01	0,00	0,00	Independent on depth	0,00	0,00
9		17,00	-999,00	8,00	0,01	0,00	0,00	Independent on depth	0,00	0,00
10		17,00	-999,00	35,00	0,01	0,00	0,00	Independent on depth	0,00	0,00
11		18,00	-999,00	0,00	25,00	0,00	0,00	Independent on depth	0,00	0,00
12		18,00	-999,00	0,00	26,00	0,00	0,00	Independent on depth	0,00	0,00
13		20,00	-999,00	0,00	30,00	0,00	0,00	Independent on depth	0,00	0,00

TAULUKKO 3. Novapoint Geocalcissa käytetyt maakerrosten parametrit leikkauksessa B-B (Liite 1).

Id	Soil layer	γ [kN/m ³]	γ_{sat} [kN/m ³]	c [kPa]	Φ [°]	c [kPa/m]	Φ [°/m]	Material Type	ru	ruq
1		17,00	-999,00	5,00	0,01	0,00	0,00	Independent on depth	0,00	0,00
2		17,00	-999,00	40,00	0,01	0,00	0,00	Independent on depth	0,00	0,00
3		17,00	-999,00	35,00	0,01	0,00	0,00	Independent on depth	0,00	0,00
4		17,00	-999,00	17,00	0,01	0,00	0,00	Independent on depth	0,00	0,00
5		17,00	-999,00	40,00	0,01	0,00	0,00	Independent on depth	0,00	0,00
6		17,00	-999,00	20,00	0,01	0,00	0,00	Independent on depth	0,00	0,00
7		17,00	-999,00	30,00	0,01	0,00	0,00	Independent on depth	0,00	0,00
8		17,00	-999,00	20,00	0,01	0,00	0,00	Independent on depth	0,00	0,00
9		17,00	-999,00	40,00	0,01	0,00	0,00	Independent on depth	0,00	0,00
10		17,00	-999,00	25,00	0,01	0,00	0,00	Independent on depth	0,00	0,00
11		17,00	-999,00	22,00	0,01	0,00	0,00	Independent on depth	0,00	0,00
12		18,00	-999,00	0,00	27,00	0,00	0,00	Independent on depth	0,00	0,00
13		20,00	-999,00	0,00	34,00	0,00	0,00	Independent on depth	0,00	0,00

Tutkimustuloksista laadittiin lopulta tutkimusselostus, joka kaikkine liitteineen luovutettiin tilaajalle. Tutkimusselostus on kokonaisuudessaan liitteenä 1. Toimeksiantoon sisältyi myös arviointi siitä, mitkä olivat sortumaan johtaneet syyt. Ennen tutkimuksia sortuma-alueen maanomistaja esitti väitteitä, että sortuman yläjuoksun puolella olevan kosken kunnostus olisi muuttanut veden virtauksia. Maanomistajan mukaan vesi olisi aiheuttanut joessa sortuman kohdalla eroosiota, joka olisi vähentänyt paikallaan pitävän passiivimomentin määrää. Tähän johtopäätökseen ei tässä tutkimuksessa löytynyt kuitenkaan perusteluita. Veden aiheuttaman eroosion ja kosken kunnostuksen aiheuttaman virtauksen muuttumisen tutkiminen jälkikäteen on käytännössä mahdotonta.

Sortuman syy oli mielestämme monen tekijän summa. Ensinnäkin jokiranta luiska on hyvin korkea, noin 15 metriä joen pohjasta rantaluiskan yläreunan tasalle. Sen lisäksi luiska oli melko jyrkkä noin 1:1,5...2 kaltevuudella. Lisäksi syyskuun sateet aiheuttivat joessa vedenpinnan korkeuden nousua pidemmäksi aikaa, jolloin maaperään imeytyi vettä ja pohjaveden pinta nousi. Vesi lisäsi todennäköisesti myös luiskan yläreunalla olevien maamassojen tilavuuspainoa aiheuttaen luiskaa sorruttavan aktiivimomentin suurenemista. Veden pinnan nopea lasku aiheutti luiskaan huokosveden ylipaineen nousun, ja koska luiskan kokonaisvarmuus oli jo lähtökohtaisesti alhainen, aiheutti kokonaisleikkauslujuuden alentuminen liukusortuman.

4.4. Korjausvaihtoehdot

Seuraavassa vaiheessa ryhdyttiin tutkimaan luiskan korjausvaihtoehtoja. Julkaisussa Pohjarakennusohjeet RIL 121 määritetään, että rakennuspohjan vakavuus tulisi olla vähintään 1,8. Muut julkaisut eivät ota kantaa rakennuspohjan vakavuuteen, eikä pohjarakennusohjeissakaan määritellä erikseen luiskavakavuutta uudisrakennukselle tai olevalle rakennukselle. Yleisesti on tiedossa, että Etelä-Pohjanmaan alueella on useita rakennuksia, jotka sijaitsevat huomattavasti tätä heikommilla paikoilla. On myös tiedossa, että maamme rautatiepenkereet eivät täytä kaikilta osin pohjarakennusohjeiden määrittämiä.

Korjausvaihtoehtoja tutkittaessa oli ensin tavoitteena 1,8 kokonaisvarmuus ja että joken sortuneet massat täytyy poistaa uomasta häiritsemästä veden virtausta. Käytökelpoisia menetelmiä tutkittiin Geocalc-ohjelmalla. Näitä varmuusluvun 1,8 täyttäviä vaihtoehtoja oli kolme; lamellipilarointi, massanvaihto ja vastapenger sekä lamellipilarointi ja vastapenger. Lamellipilarointivaihtoehto käsiteltiin tässä suunnitteluvaiheessa alustavana, eli tarkempia pilareiden mitoituksia tai pilareiden niin sanottuja reseptejä ei tehty.

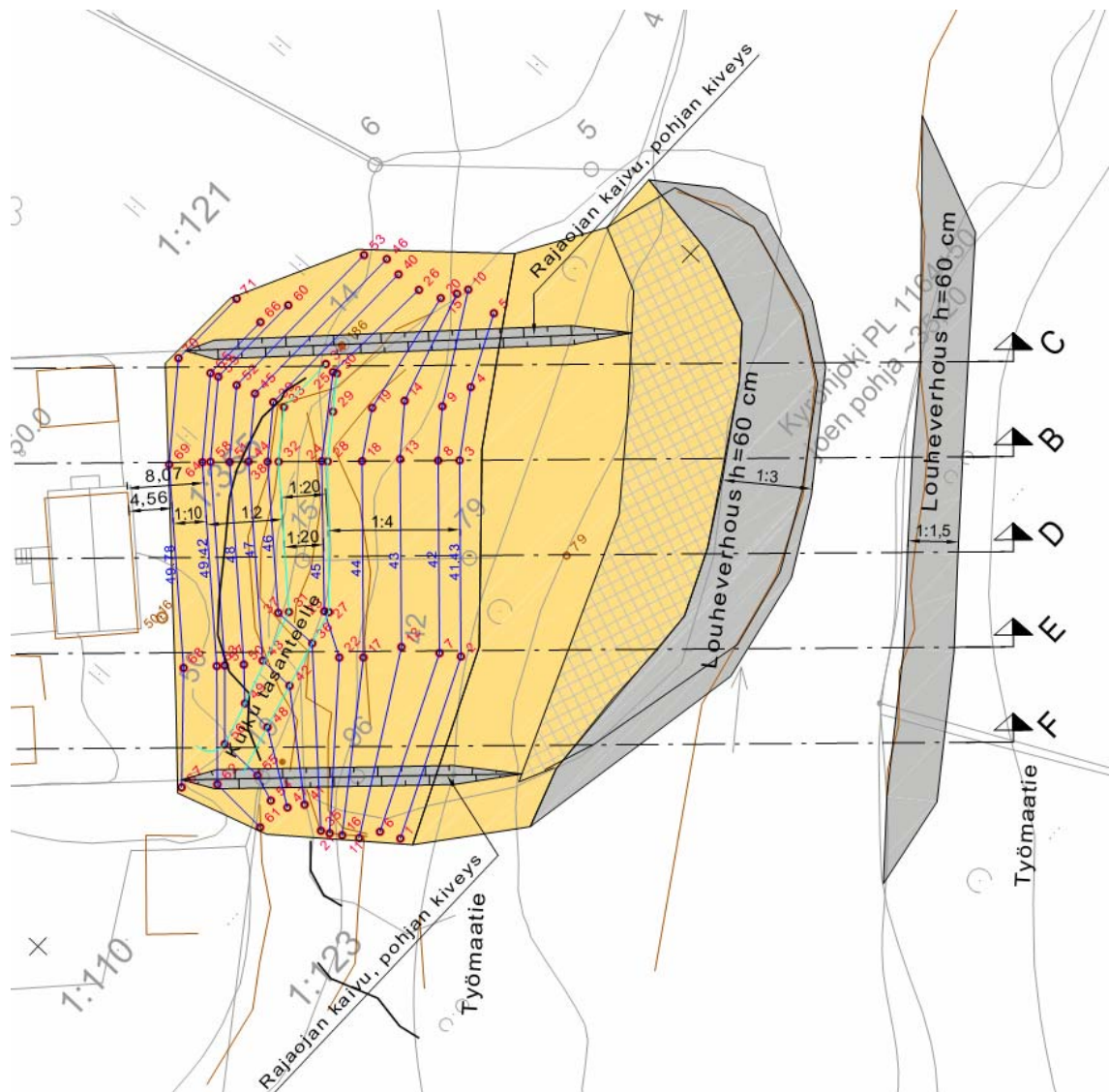
Koska korjauskustannukset pyrkivät nousemaan hyvin korkeiksi, tutkittiin vaihtoehtoja myös pienemmällä kokonaisvarmuusluvun arvolla. Keskusteluissa ELY-keskuksen kanssa päädyttiin, että varmuusluku 1,55 voisi hyvin olla riittävä varmuusluku. Viimeisenä vaihtoehtona tutkittiin myös mahdollinen rakennuksen poisto käytöstä ja luiskan tasaaminen. Kaikkien edellä mainittujen vaihtoehtojen arvioidut kustannukset on esitetty taulukossa 3 ja niiden tarkemmat suunnitelmat liitteen 2 suunnitelmaselostuksessa.

TAULUKKO 4. Suunniteltujen korjausvaihtoehtojen kustannusarviot (Liite 2).

VE nro	Vaihtoehtoon menetelmä	Kustannusarvio, alv 0 %	Varmuusluku
1	Lamellipilarointi	900 000 €	> 1,8
2	Massanvaihto ja vastapenger	575 000 €	> 1,8
3	Lamellipilarointi ja vastapenger	615 000 €	> 1,8
4	Massanvaihto ja vastapenger	490 000 €	> 1,55
5	Lamellipilarointi ja vastapenger	510 000 €	> 1,55
6	Luiskan tasaus kaltevuuteen 1:4	100 000 €	> 1,33

Korjaussuunnitelman valmistuttua se luovutettiin ja esiteltiin tilaajalle 10.1.2012. Tilaaja kävi jo suunnittelun aikana keskusteluita korjauskustannusten jakamisesta Ilmajoen kunnan, Koskenkorvan Pato Oy:n ja maanomistajan kanssa. Lopulta kävi niin, että Ilmajoen kunta ja Koskenkorvan Pato Oy eivät katsoneet sortuman johtuvan heistä eivätkä siten korjauskustannustenkaan. Näin ollen korjauskustannuksista tulivat vastaamaan Etelä-Pohjanmaan ELY-keskus ja maanomistaja pienellä osuudella.

Lopulta tämä johti siihen, että luiskaan päätettiin tehdä vain vaihtoehtoon 6 kaltainen kevyt luiskan tasaus. Lisäksi päätettiin joihin sortuneet massat jättää paikalleen. Todettiin, että sortuneet massat eivät häiritse syvässä jokiuomassa virtauksia siinä määrin, että siitä olisi haittaa. Kuitenkin päätettiin niin, että sortuneen maan virran puoleinen luiska sekä joen vastarannan luiska eroosiosuojataan louheella sortumasta aiheutuneen lisäantyneen veden virtausnopeuden takia. Näistä lähtökohdista tehtiin lopullinen korjaussuunnitelma, jonka kustannusarvioksi muodostui lopulta 134 500 € alv 0 %. Luiskan vakavuuden kokonaisvarmuusluku F saatiin tällä menetelmällä nostettua sortuman jälkeisen tilanteen 1,21:stä 1,44:n. Tätä arvoa voidaan pitää riittävänä suhteessa korjattua aluetta ympäröivään tilanteeseen. Lopullisen urakkalaskentaa varten tehty suunnitelma on liitteenä 3.



KUVA 14. Lopullisen korjaussuunnitelman suunnitelmakartta (Liite 3).

Korjaussuunnitelman lisäksi saimme toimeksiannon urakkatarjouspyyntöaineiston laatimisesta. Toimeksiantoon kuului muun muassa urakkaohjelman, tarjous- ja yksikköhintalomakkeen sekä turvallisuusasiakirjan laatiminen. Urakkatarjouspyyntö julkaistiin julkisten hankintojen ilmoitusportaallissa osoitteessa www.hilma.fi tammikuussa 2013. Työt pääsivät alkamaan helmikuussa 2013 ja jo maaliskuun alkuun mennessä varsinainen työ oli tehty. Kuvassa 19 on esitetty lopputulos talvimaisemassa. Kesäkuuhun 2013 mennessä paikalla tehdään vielä maisemointitöitä, kuten nurmetuksia ja istutuksia.



KUVA 15. Sortuma on korjattu lopullisen suunnitelman mukaisesti 19.3.2013.

5 JOHTOPÄÄTÖKSET JA SUOSITUKSET

Tämän opinnäytetyön liitteenä olevat Kyrönjoen rantaluiskan tutkimus, korjaussuunnitelma ja urakka-asiakirjojen laadinta Ilmajoen Koskenkorvalla tuli tehtäväkseni työpaikalla normaalin tarjousmenettelyn kautta. Kohteessa tilaajana oli Etelä-Pohjanmaan elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus.

Luiskavakavuus on yleensä heikkoa alueilla, joissa yhtä aikaa esiintyy sekä maanpinnan korkeuseroja ja maaperä on löyhää savea tai silttiä. Tällaisia alueita ovat tyypillisesti jokirantaluiskat. Maanrakennustöiden yhteydessä joudutaan toisinaan kaivamaan syviä kaivantoja pehmeiköille, joiden mitoituksessa on otettava sortumavaara huomioon. Yksinkertaisimmillaan luiskavakavuus on otettava huomioon suunniteltaessa esimerkiksi ojan kaivua pehmeikköalueen läpi. Pohjarakennusohjeet RIL 121-2005 määrittelee rakennusaikaiselle kaivannon liukusortuman varmuudelle arvon 1,5. Pysyville rakenteille vaaditaan 1,8 kokonaisvarmuus.

Lyhyesti sanottuna ympyrän kaaren muotoinen liukusortuma tapahtuu, kun sorruttava aktiivimomentti on suurempi kuin paikallaan pitävä passiivimomentti. Momenttien ollessa yhtä suuret, on varmuuskerroin sortumalle 1. Varmuuskertoimen ollessa lähellä yhtä, mutta kuitenkin sen yli aina arviolta noin 1,2:sta 1,3:n voidaan muodonmuutoksia odottaa tapahtuvan esimerkiksi tärinän, pohjavesisuhteiden tai rankkasateiden vaikutuksesta. Etenkin suotovirtausten ja eroosion aiheuttamat syöpymiset veden alla heikentävät luiskavakavuutta pitkällä aikavälillä ilman, että sitä voi ulkoisesti mitenkään havaita.

Tietoteknisten ohjelmistojen kehityksen ja helppokäyttöisyyden myötä luiskavakavuuslaskelmien tekeminen on helpottunut merkittävästi. Käsien laskentaa harjoittavat nykyään vain lähellä eläköitymistä olevat alan ammattilaiset ja harrastajat. Käsien laskennan menetelmät on kuitenkin jollain tasolla hallittava, jotta tietokoneohjelmien laskentaa on mahdollista valvoa.

Tässä työssä tehtiin luiskavakavuuslaskelmat Novapoint Geocalc – ohjelmistolla. Ohjelman käyttö on helppoa, mutta käyttö kuitenkin vaatii asiantuntemusta ja etenkin ohjelmaan syötettävien parametrien tuntemusta. Olen käyttänyt ohjelmaa muissakin luiskavakavuustarkasteluissa ennen ja jälkeen Koskenkorvan kohteen. Runsaat käyttöko-

kemukset edesauttavat ohjelman käytössä ja etenkin tulosten tulkinassa ja oikeellisuuden arvioinnissa.

Geocalc- ohjelmaa kehittävä ja myyvä yritys Vianova Oy järjestää ohjelman käyttökoulutusta säännöllisesti. Yrityksestämme ei ole toistaiseksi osallistuttu niihin lähinnä koulutuksen korkean hinnan vuoksi. Olen kuitenkin tämän työn aikana tullut siihen tulokseen, että koulutukseen osallistuminen olisi lähes välttämätöntä. Etenkin harvemmin käytettävien parametrien, kuten esimerkiksi huokosveden mallintaminen ohjelmassa olisi syytä käydä läpi. Koulutuksissa on toistaiseksi ollut kouluttajana Tampereen teknillisen yliopiston professori Tim Länsivaara, joka on ollut mukana kehittämässä ohjelmaa.

Opinnäytetyön empiirisenä osana tehty kokonaisuus oli kohtuullisen haastava liukupintatarkastelun osalta. Työssä oli useita ulkoisia muuttujia, joiden huomioon ottaminen ennen työn aloitusta oli lähes mahdotonta. Tarjousvaiheessa lähestymistapa kohteeseen oli tehdä ensin alustavia tutkimuksia sortuman syistä ja luiskavakavuudesta ennen ja jälkeen sortuman. Luiskavakavuustarkastelu tehtiin käymällä paremmin lyhyen ajan vakavuuteen soveltuvaa koheesionmaan $\phi=0$ liukupintatarkastelumenetelmällä. Koska sortuma oli jo tapahtunut, voitiin parametrien oikeellisuutta arvioida laskennan edetessä. Kuten aiemmin on jo todettu, sortumahetkellä luiskavakavuuden varmuuskerroin on korkeintaan yksi.

Luiskan korjaussuunnitelma toteutui ensin yleissuunnitelmana, jossa tutkittiin erilaisia korjausvaihtoehtoja ja etenkin haarukoitiin niiden kustannuksia. Ensin keskityttiin vaihtoehtoihin, joilla pystytään saavuttamaan 1,8 kokonaisvarmuus. Vaihtoehtoista esitettiin korjaussuunnitelmassa kolme; luiskan lamellipilarointi, massanvaihdon ja vastapenkereen yhdistelmä sekä lamellipilaroinnin ja vastapenkereen yhdistelmä. Seuraavana tarkasteltiin vaihtoehtoja 1,55 varmuuskertoimelle. Koska pelkkä lamellipilarointi oli jo ensimmäisessä vaiheessa todettu kalliiksi, tutkittiin vastapenkereen yhdistäminen joko lamellipilarointiin tai massanvaihtoon. Kuudentena vaihtoehtona laskettiin kustannukset, mikäli rakennus joko purettaisiin tai siirretäisiin pois ja luiska vain maisemoitaisiin paikalleen. Vaihtoehtoja ja kustannusten jakautumista puntaroitiin tilaajan puolella muutaman kuukauden ajan, kunnes saimme ELY-keskukselta ohjeet miten luiska korjataan. Kunnostus oli päätetty yhdessä maanomistajan kanssa toteuttaa mahdollisimman kevyenä mutta kuitenkin siten, että rakennuksessa asuminen olisi mahdollista. Lisäksi

ELY-keskukselta saatiin lupa jättää jokeen sortuneet massat paikoilleen, mikä mahdollisti käyttää vastapenkerettä tehokkaammin. Vakavuutta parannettiin lisäksi tekemällä kevennysleikkausta luiskan yläreunaan. Kevennysleikkaus toi luiskan reunan jo hyvin lähelle rakennusta, mutta sillä saatiin toisaalta luiska loivennettua. Luiskan vakavuudeksi laskettiin Geocalcilla 1,44 Bishopin yksinkertaisella ympyräliukupintamenetelmällä. Tätä arvoa voidaan pitää riittävänä, kun ottaa huomioon alueen luiskavakavuuden yleisesti. Valitettavasti alueella sijaitsee tälläkin hetkellä rakennuksia, jotka sijaitsevat arvioilta 1,1–1,3 varmuusalueella.

Sanotaan, elämä on oppista. Niin oli myös tämän työn empiirisen osan työstäminen kuin myös teoreettisen osan. Empiirisessä osassa korostui yhteyden pidon tärkeys tilaajan ja konsultin välillä. Palavereja ja aivoriihiä olisi ehkä voinut pitää enemmänkin. Tulevaisuudessa vastaavissa kohtalaisen monimutkaisissa kohteissa tulee yhteydenpitoa lisätä ja harkita minkälaisella koostumuksella palavereja pidetään. Tässä kohteessa monimutkaisuus ei varsinaisesti tarkoita kohteen teknistä monimutkaisuutta vaan vastuukysymyksiä, eri tahojen tarpeita ja vaatimuksia sekä taloudellisia rajoitteita.

6 YHTEENVETO

Luiskavakavuus on otettava huomioon rakennettaessa pehmeikölle tai jyrkkien luiskien läheisyyteen. Erityisesti jokirannat voivat olla luontaisesti hyvin löyhiä vakavuuden kokonaisvarmuusluvun ollessa hyvin lähellä yhtä. Pohjarakennusohjeet RIL-121 määrittelee, että rakennuspohjan varmuus sortumaa vastaan pitää olla vähintään 1,8. Ympyrän kaaren muotoisessa luiskassa vaikuttaa sorruttava aktiivimomentti ja paikallaan pitävä passiivimomentti.

Ilmajoen Koskenkorvalla tutkittiin Etelä-Pohjanmaan ELY-keskuksen toimeksiannosta tapahtunutta sortumaa ja sortumaan johtaneita syitä. Suurimman syyn todettiin olevan jyrkän ja korkean luiskan, jonka pohjamaa oli laihaa savea. Alueelle on tyypillistä hyvin heikot rantaluiskat ja alueella on tapahtunut sortumia aiemminkin. Sortuman aiheutti todennäköisesti sateisen syksyn aiheuttama maan vettyminen ja huokosveden ylipaineen kehittyminen joen vedenpinnan nopean laskemisen vuoksi.

Tutkimusvaiheen jälkeen laadittiin luiskan korjaamisesta yleissuunnitelmia. Työssä tarkasteltiin kuutta eri mahdollista vaihtoehtoa, joille laskettiin alustavat kustannusarvioit. Kustannuksiltaan kallein vaihtoehto oli luiskan lamellipilarointi. Muita vaihtoehtoja olivat massanvaihdon ja vastapenkereen sekä lamellipilaroinnin ja vastapenkereen yhdistelmät. Lopulta vaihtoehdoissa päädyttiin kevyimpään ratkaisuun, jossa luiska maiformoitiin ja muotoiltiin alueen rakennukset huomioon ottaen mahdollisimman loivaksi. Tutkimus- ja suunnittelutyön tilaaja sekä maanomistaja hyväksyivät luiskalle 1,44 kokonaisvarmuuden, jota voitiin pitää riittävänä ottaen huomioon alueelle tyypillinen heikko luiskavakavuus rakennetulla alueella sekä kokemusperäinen tieto tarvittavasta turvallisesta luiskan kokonaisvarmuudesta sortumaa vastaan. Lopullisen vaihtoehdon kustannukset olivat noin 130 000 € ilman arvolisäveroa.

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia sortumapaikan luiskavakavuutta ennen ja jälkeen sortuman sekä esittää korjausvaihtoehtoja tilaajalle. Lisäksi tilaajalle tehtiin urakka-asiakirjat työn kilpailuttamiseksi urakoitsijoilla. Tavoitteet saavutettiin ja rakennustyö toteutettiin maaliskuussa 2013.

LÄHTEET

Härmä, O. 1991. Kyrönjoen rantasortumien syyt ja rantojen vakavuus. Rakennus ja maanmittaustekniikan osasto. Teknillinen korkeakoulu. Diplomityö.

Jääskeläinen, R. 2009. Geotekniikan perusteet. 1. painos, 2009. Tampere: Tammertekniikka / Amk-Kustannus Oy.

Jääskeläinen, R. 2009. Pohjarakennuksen perusteet. 1. painos, 2009. Tampere: Tammermekniikka / Amk-Kustannus Oy.

Kaunismäki, M. 2012. Insinööri, yrittäjä. Haastateltu 2.12.2013.

Kujanpää, M. 2012. Diplomi-insinööri. Haastateltu 5.1.2012.

Liikennevirasto. 2010. Suljetun leikkauslujuuden määrittäminen rataympäristössä. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 20/2010. Helsinki. Internetsivut. Luettu 15.3.2013.

http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf3/lts_2010-20_suljetun_leikkauslujuuden_web.pdf

Länsivaara, T. 2009. Novapoint Geocalc 2.0. Stabiliateetilaskenta. Tampereen teknillinen yliopisto. Maa- ja pohjarakenteet.

Länsivaara, T. 2009. Novapoint Geocalc 2.0. Stabiliateetti – Erikoistilanteet. Tampereen teknillinen yliopisto. Maa- ja pohjarakenteet.

Ratahallintokeskus. 2005. Radan stabiiliteetin laskenta, olemassa olevat penkereet. Ratahallintokeskuksen julkaisuja B15. Helsinki. Internetsivut. Luettu 1.5.2013.
http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf4/rhk_b15_radan_stabiiliteetin_laskenta.pdf

RIL. 2004. RIL 121-2004 Pohjarakennusohjeet. Helsinki: Suomen rakennusinsinöörienliitto RIL r.y.

SGY. 1995. Kairausopas II. 2. painos, 1999. Helsinki: Suomen Geoteknillinen yhdistys r.y.

Slunga, E. 1990. Maa- ja kallioluiskien vakavuus. Teoksessa RIL 157-2 Geomekaniikka II. s. 89–114, 118–146. Helsinki: Suomen Rakennusinsinöörien liitto RIL r.y.

Tielaitos. 1994. Maanvarainen tiepenger savikolla, suunnitteluohje. Tielaitoksen selvityksiä 67/1994. Helsinki: Painatuskeskus Oy.

Ympäristöministeriön asetus pohjarakenteista 25.9.2003 / B3 Suomen rakentamismääräyskokoelma.

LIITTEET

Liite 1. Koskekorvan sortuman tarkastelu ja korjaussuunnitelma Koskenkorvalla. Tutkimusselostus.

Liite 2. Koskekorvan sortuman tarkastelu ja korjaussuunnitelma Koskenkorvalla. Suunnitelmaselostus

Liite 3. Koskenkorvan sortuman korjaus. Urakkaohjelma liitteineen ja piirustuksineen.



ETELÄ-POHJANMAAN ELY-KESKUS
KOSKENKORVAN SORTUMAN TARKASTELU
JA KORJAUSSUUNNITELMA

A
T

SISÄLLYSLUETTELO

1 TEHTÄVÄ JA SUORITETUT TUTKIMUKSET	1
2 TUTKIMUSTULOKSET.....	1
2.1 Tutkimuspaikka yleisesti.....	1
2.2 Maaperä.....	2
2.2.1 Leikkaus A-A	2
2.2.2 Leikkaus B-B.....	2
2.2.3 Pohjavesi	2
3 LUIKAVAKAVUUS LEIKKAUKissa	3
3.1 Luiskavakavuus leikkauksessa A-A.....	3
3.2 Luiskavakavuus leikkauksessa B-B	3
3.3 Tutkimustulosten arviointia.....	4

LIITTEET JA PIIRUSTUKSET

Yleiskartta 1:10 000	3423.1
Tutkimuskartta 1:500	3423.2
Leikkauspiirustukset 1:100/100	3423.11-13
Pohjatutkimusmerkinnät-liite	
Maanäytteiden tutkimustulokset	3423.51-52



1 TEHTÄVÄ JA SUORITETUT TUTKIMUKSET

Etelä-Pohjanmaan ELY-keskuksen toimeksiannosta Suunnittelutoimisto Aluetekniikka Oy on suorittanut marras-joulukuussa 2011 Kyrönjoen jokirantaluisikan vakavuus-tarkastelua Koskenkorvalla, Ilmajoella. Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää uuden sortuman mahdollisuus sortuman välittömässä läheisyydessä olevan asuinrakennuksen kohdalla. Vakavuustarkastelussa selvitettiin luiskavakavuus rakennuksen kohdalla ennen sortumaa ja sortuman jälkeen. Lisäksi tarkasteltiin luiskavakavuus sortuman yläjuoksun puolella.

Tutkimuspaikka sijaitsee osoitteessa Vanhatie 1, Koskenkorva. Tarkempi sijainti käy ilmi yleiskartasta 3423.1.

Alueella tehtiin painokairauksia ja siipikairauksia kuudessa tutkimuspisteessä. Kahteen tutkimuspisteeseen asennettiin pohjaveden havaintoputket. Yhdestä tutkimuspisteestä otettiin yhteensä neljä häiriintynyttä maanäytettä, joiden vesipitoisuus ja rakeisuus määritettiin. Alue kartoitettiin GPS-GLONASS- paikantimella.

Tutkimuspisteiden paikat sekä maanpinnan korkeudet on esitetty tutkimuskartalla 3423.2.

Kairauksin saadut maaperätiedot on esitetty leikkauspiirustuksissa 3423.11-13

Novapoint Geocalc-ohjelmalla tarkasteltiin maaperätietojen perusteella jokiranta luis-kan vakavuutta.

Piirustuksissa on käytetty liitteen mukaisia SGY:n pohjatutkimusmerkintöjä.

2 TUTKIMUSTULOKSET

2.1 Tutkimuspaikka yleisesti

Tutkimuspaikalla on tapahtunut liukusortuma 7.10.2011, jolloin rantaluiskaa sortui noin 85 metrin pituudelta ja noin 45 metrin leveydeltä. Sortuman jälkeen sortuman reuna jäi lähes pystysuoraksi ja noin 12 metriä korkeaksi. Sortuma on laajentunut 9.10.2011, jolloin laajeni noin 1-2 metriä rakennusta kohti.

Sortuman reunan välittömässä läheisyydessä on asuttu rakennus. Tällä hetkellä sortuman reuna on noin 12 metrin etäisyydellä rakennuksesta ja noin 8,5 metrin etäisyydellä rakennuksesta on noin 1,8 metriä syvä railo. Railoja on havaittu myös sortuman yläjuoksun puolella.



2.2 Maaperä

2.2.1 Leikkaus A-A

Leikkauksessa A-A maaperän pintakerros on humusta noin 0,2...0,8 metrin paksuudelta. Pintakerroksen alapuolella pohjamaa muuttuu siltiksi. Pisteissä 1 ja 2 silttikerroksen paksuus on noin 1,8 metriä ulottuen tasovälille +47.4...+47.7. Pisteessä 3 siltikerros on noin 0,4 metriä paksu.

Silttikerroksen alapuolella pohjamaa muuttuu saveksi. Savikerroksen paksuus vaihtelee tutkimuspisteissä 2...12 metriä ollen ohuimmillaan pisteessä 2. Savikerroksen jälkeen pohjamaa muuttuu siltiksi noin tasolla +32.8...43.6 ja edelleen siltimoreeniksi noin tasolla +32.3...43.8. Silttikerroksen paksuus vaihtelee välillä 0,5...2,5 metriä. Kairaukset päätettiin tiiviiseen maakerrokseen tai kiveen 18,6...28,5 metrin syvyydellä nykyisestä maanpinnasta tasovälillä +19...+24.95.

Tutkimuspisteessä 2 siltimoreenikerros havaittiin selvästi ylemmällä tasolla kuin muissa tutkimuspisteissä.

2.2.2 Leikkaus B-B

Leikkauksessa B-B maaperän pintakerros on humusta noin 0,2...0,4 metrin paksuudelta. Pintakerroksen alapuolella pohjamaa muuttuu siltiksi pisteissä 4 ja 5. Tämä siltikerros on noin 1,8...2,2 metriä paksu ja ulottuu noin tasolle +47.2...+47.8. Pisteessä 6 pintakerroksen alla on ensin noin 1,2 metriä paksu savikerros, jonka jälkeen seuraa noin 2,6 metriä paksu siltikerros. Silttikerroksen jälkeen seuraa 2,7 metriä paksu savikerros. Pisteissä 4 ja 5 silttikerroksen jälkeen pohjamaa muuttuu saveksi. Savikerros on noin 12 metriä paksu ulottuen noin tasolle +35.60...+36.00 jonka jälkeen pohjamaa muuttuu siltiksi ja noin tasolla +31...+32 siltimoreeniksi. Pisteessä 6 alemman savikerroksen jälkeen pohjamaa muuttuu siltiksi noin tasolla +31.2 ja edelleen siltimoreeniksi tasolla +30.3.

Kairaukset päättyivät tiiviiseen pohjamaahan noin 15,3...26,6 metrin syvyydellä nykyisestä maanpinnasta tasovälillä +22.8...+24.9.

Tutkimuspiste 6 on kairattu liukusortuman päältä.

2.2.3 Pohjavesi

Pohjaveden pinta tutkimuspisteeseen 1 asennetussa putkessa on 9,6 metrin syvyydellä nykyisestä maanpinnasta tasolla +40.30.

Pohjaveden pinta tutkimuspisteeseen 3 asennetussa putkessa oli asennuspäivänä 24.11.2011 0,4 m maanpinnan yläpuolella ja noin 2,2 metriä Kyrönjoen veden pinnan yläpuolella tasolla +38.1. Viikkoa myöhemmin pohjaveden pinta oli 1,8 metriä maanpinnan ja 3,6 metriä Kyrönjoen veden pinnan yläpuolella tasolla +39.5.



3 LUISKAVAKAVUUS LEIKKAUKISSA

Kokonaisvarmuusluvun tulee julkaisun "Pohjarakennusohjeet, RIL 121-2004" olla vähintään 1,8 sortuman suhteen rakennuspohjan alueelliselle sortumalle tai maata tukeville pysyville rakenteille.

Rakennusaikaiselle kaivannon liukusortumalle tai rakennuspohjan alueelliselle sortumalle piha-, puisto- ja virkistysalueilla, joilla ei ole asumiseen tai työntelemiseen tarkoitettuja rakennuksia tai vaativia rakenteita, edellytetään 1,5-varmuuskerrointa.

Laskelmissa on oletettu pintakerrokselle lujuutta vähän, koska pintakerroksessa on luonnostaan halkeamia. Laskenta suoritettiin Novapoint Geocalc-ohjelmalla Bishopin 2D ympyräliukupinta-menetelmällä.

3.1 Luiskavakavuus leikkauksessa A-A

Piirustuksen 3423.11 tapauksessa laskettiin liukupinnat nykytilanteessa. Tämän leikkauksen kohdalla ei sortumaa ole tapahtunut, mutta maanpinnassa on halkeamia ja joessa on tapahtunut joen pohjan nousua.

Vaarallisin liukupinta sijaitsee noin viiden metrin etäisyydellä jokirantaluisikan yläreunasta, jossa varmuus sortumaa vastaan on 1,33 kertainen. Varmuusluku 1,5 toteutuu kairauspisteen 1 kohdalla noin 23,5 metrin etäisyydellä ja varmuusluku 1,8 noin 50 metrin etäisyydellä jokirantaluisikan yläreunasta. Nämä 1,5 ja 1,8 varmuusluvut on esitetty käyränä tutkimuskartalla 3423.2.

Luiskan jyrkimmällä osuudella on todennäköisesti edellä mainittuja varmuuslukuja herkempiä alueita. Nämä liukupinnat ovat pieniä ja alkanevat aivan luiskan yläreunasta ja päättyvät jyrkän luiskan alareunaan.

3.2 Luiskavakavuus leikkauksessa B-B

Piirustuksen 3423.12 tapauksessa laskettiin liukupinnat ennen sortumaa. Leikkauksen maanpinnan tiedot saatiin Maanmittauslaitoksen laserkeilausaineistosta. Varmuus sortumaa vastaan on ennen sortumaa ollut laskennallisesti 1,01 ja leikkauksessa olevan asuinrakennuksen kohdalla 1,04.

Piirustuksen 3423.13 tapauksessa laskettiin liukupinnat sortuman jälkeen. Vaarallisin liukupinta sijaitsee rakennuksen kohdalla varmuusluvun ollessa 1,21. Varmuusluku 1,5 on noin 54,5 metrin etäisyydellä nykyisestä sortuman reunasta. Varmuuslukua 1,8 ei pystytty hakemaan, koska malli ja pohjatutkimustiedot eivät yletä riittävän kauas. Leikkauslinjan aivan alkupäässä varmuusluku on 1,61. Nämä 1,5 ja 1,8 varmuusluvut on esitetty käyränä tutkimuskartalla 3423.2. Koska 1,8 varmuuslukua ei pystytty määrittämään, on sen sijainti esitetty karkeana arviona katkoviivalla.

Sortuman reunalla on todennäköisesti näitä edellä mainittuja varmuuslukuja herkempiä liukupintoja. Ainakin alue sortuman reunan ja siitä noin 2-3 metrin etäisyydellä oleva rillon välialue sortuu jossain vaiheessa.

3.3 Tutkimustulosten arviointia

Kairauspisteiden sijoittelu vastasi tutkimustarvetta, vaaralliset liukupinnat osuivat hyvin tutkimuspisteiden kattamalle alueelle.

Maanäytteiden kolmiaksiaalikoikeita eikä huokosvedenpainemittauksia tehty tässä vaiheessa. Suoritettu $\phi=0$ -tarkastelu on riittävän luotettava, mikäli huokosvedenpaine ei kasva maakerroksissa tutkimushetkellä vallitsevasta tasostaan merkittävästi. Huokosveden paineen kasvu vähentäisi leikkauslujuuden mahdollisen kitkaparametrin osuutta.

Mikäli alueella tehdään lisätutkimuksia, voisi leikkaukseen A-A lisätä tutkimuspisteiden 1 ja 2 väliin. Tällä voitaisiin tarkentaa pohjamaan parametreja ja kerrosrajoja. Leikkaukseen B-B voisi lisätä tutkimuspisteiden aivan leikkauslinjan alkupäähän lähelle seurakuntataloa.

Sortuman korjausmahdollisuudet selvitetään ja siitä tehdään yleissuunnitelma, jonka perusteella arvioidaan korjauskustannukset.

Leikkauksessa B-B olevaa rakennusta emme suosittele käyttämään. Tällä hetkellä luiskun vakavuus on selvästi alle Pohjarakennusohjeissa määrättyjen varmuuslukujen.

Yleinen periaate on, että jos kokonaisvarmuus jää alle 1,25...1,3, merkittäviä sivusiirtymiä ja myös pystysuuntaisia muodonmuutoksia on odotettavissa.

Suunnittelutoimisto Aluetekniikka Oy

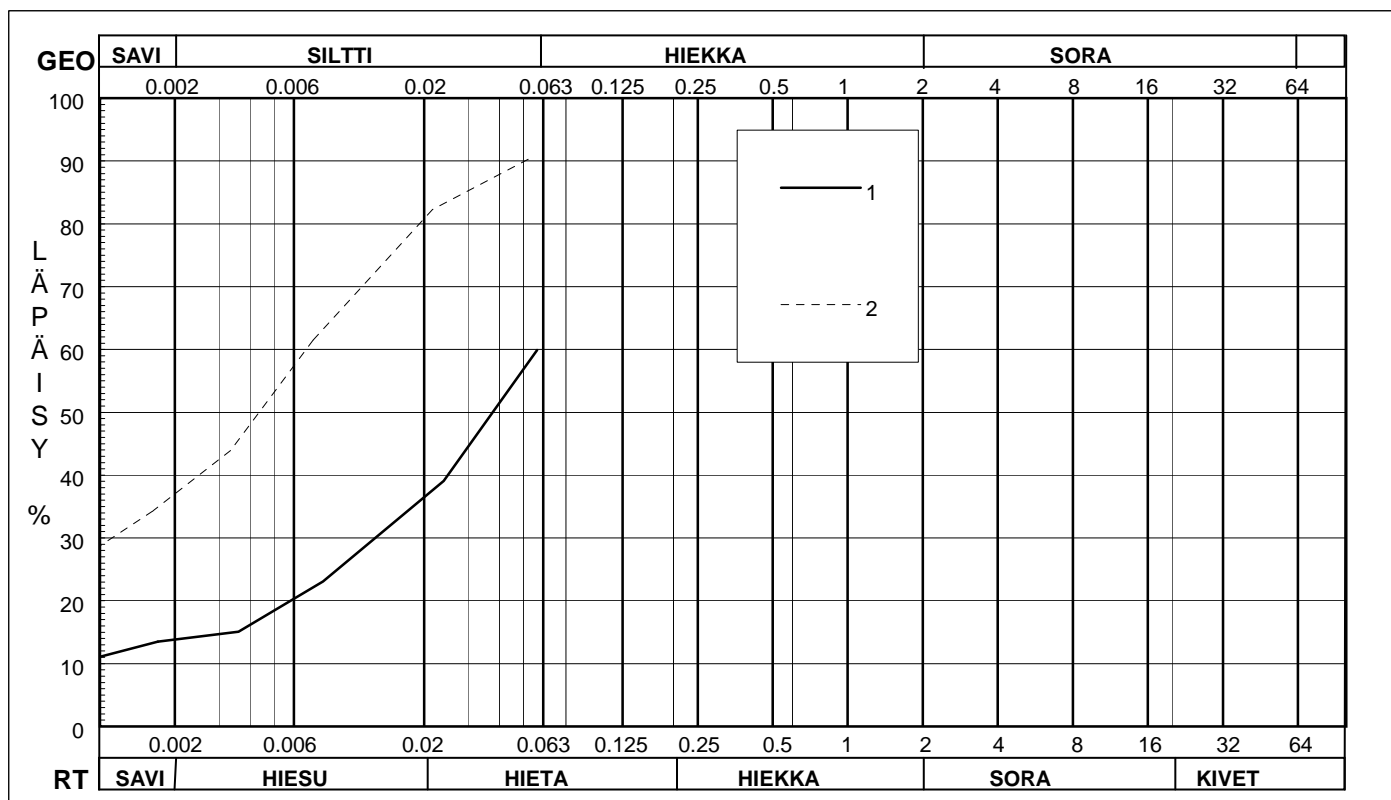
Martti Kaunismäki

Juha Porre

MAANÄYTTEIDEN TUTKIMUSTULOKSET

NÄYTTEET N:o

1-2



NÄYTTEEN N:o		1	Raekoko	Läpäisy
NÄYTTEEN OTTO	PAIKKA	Pt 5	(mm)	%
	SYVYYS	-1,9		
	PVM	28.11.2011		
	TAPA	häiritty		
MAANPINNAN KORKEUS				
TUTKITTU MAALAJI		saSi		
VESIPITOISUUS W%		23,3		
VEDENLÄPÄISEVYYS-ARVIO k m/s			0,0568	59,9
			0,0239	39,1
			0,0079	23,1
			0,0036	15,1
			0,0017	13,5
			0,0008	10,3

NÄYTTEEN N:o		2	Raekoko	Läpäisy
NÄYTTEEN OTTO	PAIKKA	Pt 5	(mm)	%
	SYVYYS	-3,9		
	PVM	28.11.2011		
	TAPA	häiritty		
MAANPINNAN KORKEUS				
TUTKITTU MAALAJI		laSa		
VESIPITOISUUS W%		57,8		
VEDENLÄPÄISEVYYS-ARVIO k m/s			0,0523	90,3
			0,0216	82,3
			0,0072	61,5
			0,0033	43,9
			0,0016	34,3
			0,0008	26,3

		NÄYTTEEN-OTTAJA	Tilaaaja
TYÖN TILAAJA	Etelä-Pohjanmaan ELY	TUTKIJ	JP
TYÖN NIMI	Koskenkorvan sortuma	PÄIVÄYS	13.12.2011



SUUNNITTELU-TOIMISTO
ALUETEKNIikka OY

GEOTEKNINEN LABORATORIO
ASEMAKATU 1, 62100 LAPUA
PUH. 06-4374 350, FAX 4374 351

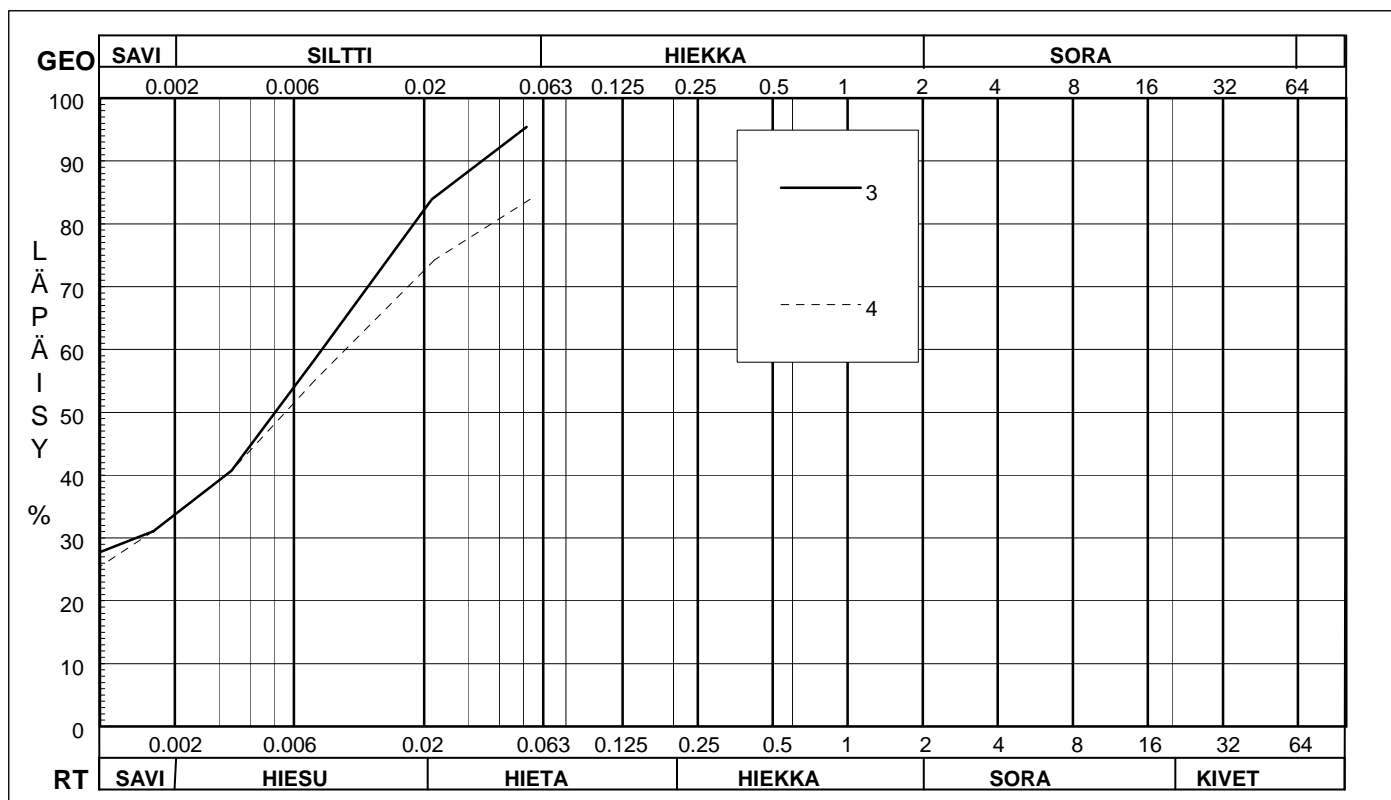
N:o

3249.51

MAANÄYTTEIDEN TUTKIMUSTULOKSET

NÄYTTEET N:o

3-4



NÄYTTEEN N:o		3	Raekoko	Läpäisy
NÄYTTEEN OTTO	PAIKKA	PT 31	(mm)	%
	SYVYYS	-5,9		
	PVM	28.11.2011		
	TAPA	häiritty		
MAANPINNAN KORKEUS				
TUTKITTU MAALAJI		laSa		
VESIPITOISUUS W%		56,8		
VEDENLÄPÄISEVYYS-ARVIO k m/s			0,0515	95,4
			0,0215	83,9
			0,0072	58,3
			0,0034	40,7
			0,0016	31,1
			0,0008	26,3

NÄYTTEEN N:o		4	Raekoko	Läpäisy
NÄYTTEEN OTTO	PAIKKA	PT 31	(mm)	%
	SYVYYS	-7,9		
	PVM	28.11.2011		
	TAPA	häiritty		
MAANPINNAN KORKEUS				
TUTKITTU MAALAJI		laSa		
VESIPITOISUUS W%		50,2		
VEDENLÄPÄISEVYYS-ARVIO k m/s			0,0532	83,9
			0,022	74,3
			0,0073	55,1
			0,0034	40,7
			0,0016	31,1
			0,0008	23,1

		NÄYTTEEN-OTTAJA	Tilaaaja
TYÖN TILAAJA	Etelä-Pohjanmaan ELY	TUTKIJ	JP
TYÖN NIMI	Koskenkorvan sortuma	PÄIVÄYS	13.12.2011

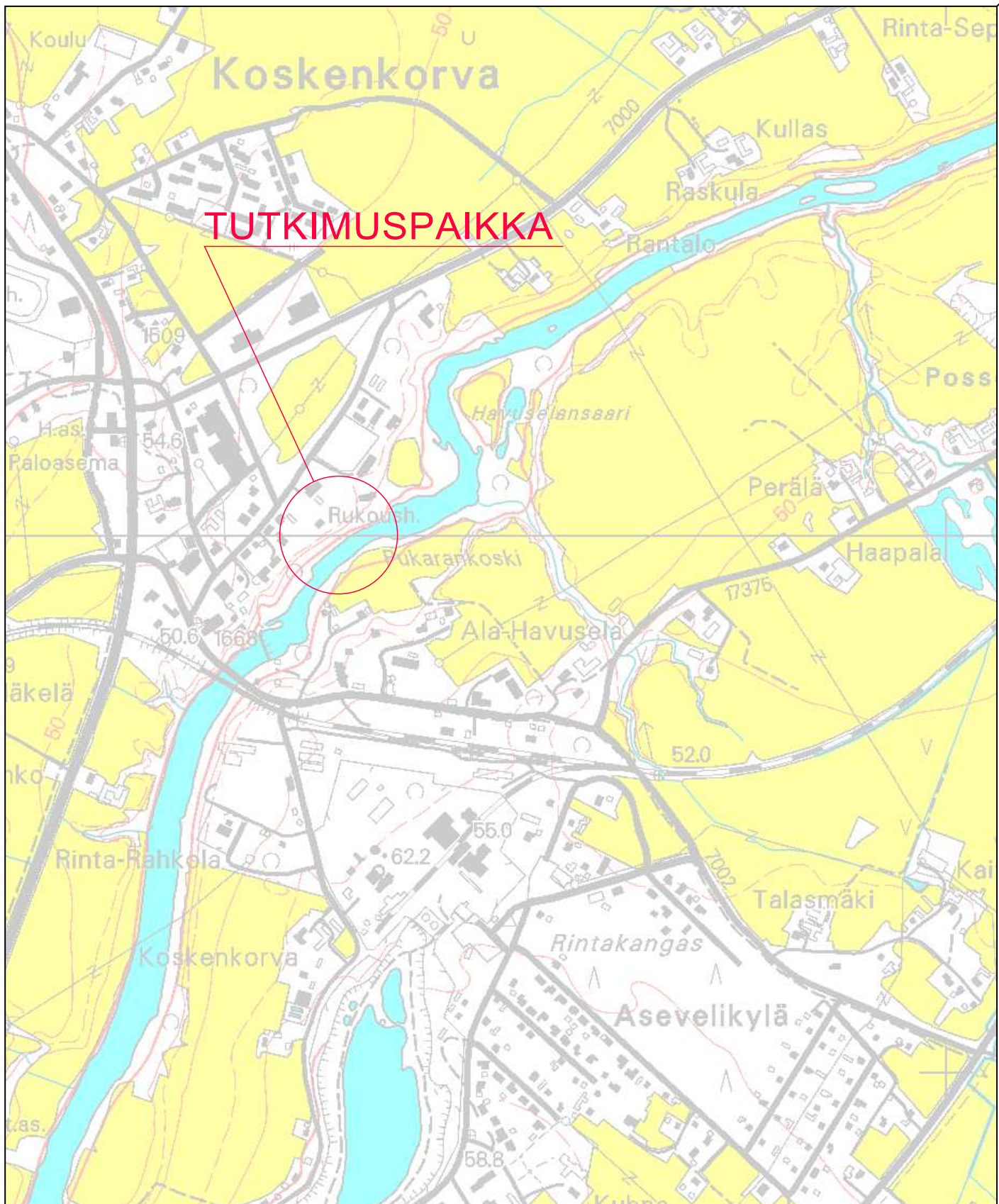


SUUNNITTELU-TOIMISTO
ALUETEKNIikka OY

GEOTEKNINEN LABORATORIO
ASEMAKATU 1, 62100 LAPUA
PUH. 06-4374 350, FAX 4374 351

N:o

3423.52



Tilaaja ja suunnittelukohde

Etelä-Pohjanmaan ELY-keskus
KOSKENKORVAN SORTUMAN
TARKASTELU

Piirustuksen sisältö

YLEISKARTTA

Mittakaavat

1:10 000



SUUNNITTELUTOIMISTO

ALUETEKNIikka OY

Asemakatu 1, 62100 Lapua

Puh. 06-4374 350 Fax 06-4374 351

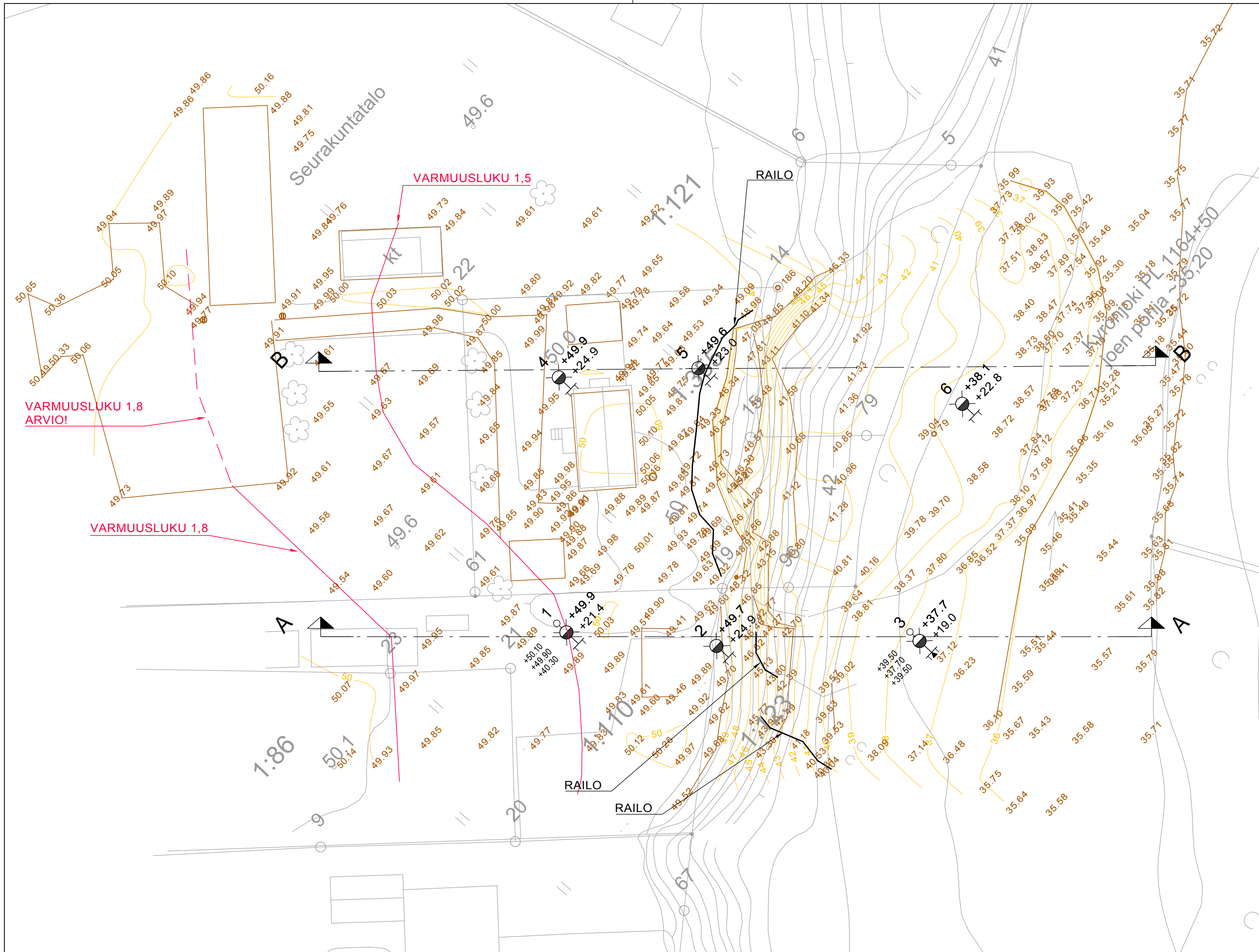
EMAIL: etunimi.sukunimi@aluetekniikka.com

Työn ja piirustuksen n:o

16.12.2011 Juha Porre

Martti Kaunismäki

3423.1



Tilaaaja ja suunnittelukohde
Etelä-Pohjanmaan ELY-keskus
KOSKENKORVAN SORTUMAN
TARKASTELU

SUUNNITTELU-TOIMISTO
ALUETEKNIikka OY
Asemakatu 1, 62100 Lapua
Puh. 06-4374 350 Fax 06-4374 351
EMAIL: etunimi.sukunimi@aluetekniikka.com

16.12.2011 Juha Porre Martti Kaunismäki

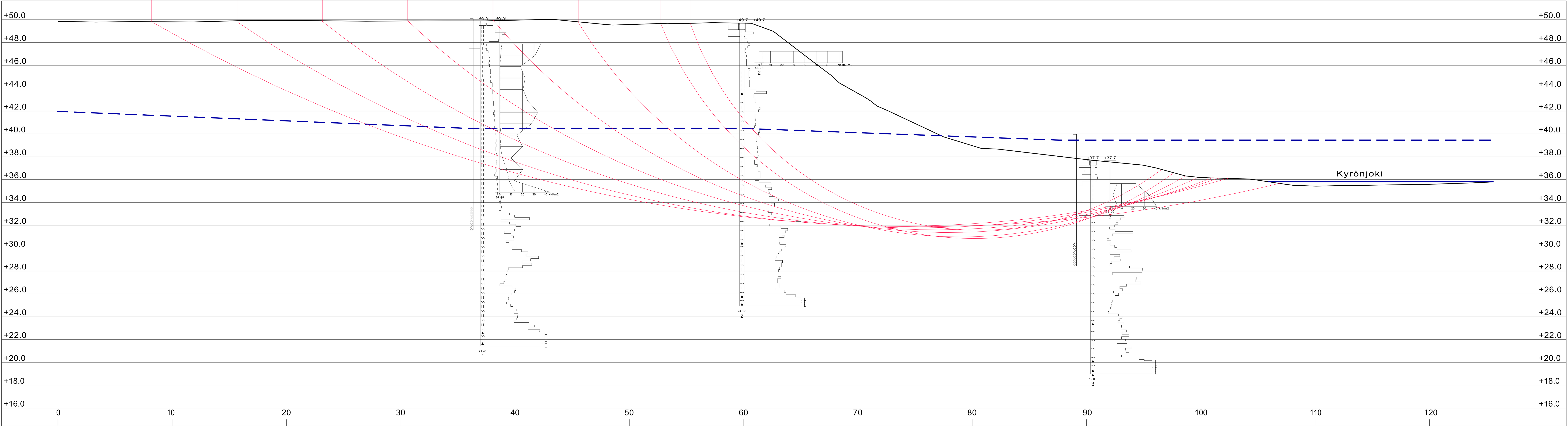
Piirustuksen sisältö
TUTKIMUSKARTTA

Mittakaavat
1:500

Työn ja piirustuksen n:o

3423.2

LEIKKAUS A - A, 1:100/100



2D Bishop's Simplified
Min.FOS = 1,33

id	Soil layer	γ [kN/m ³]	γ_{sat} [kN/m ³]	c [kPa]	ϕ [°]	c [kPa/m]	ϕ [°/m]	Material Type	u	ru
1		17,00	-999,00	15,00	0,01	0,00	0,00	Independent on depth	0,00	0,00
2		17,00	-999,00	20,00	0,01	0,00	0,00	Independent on depth	0,00	0,00
3		17,00	-999,00	30,00	0,01	0,00	0,00	Independent on depth	0,00	0,00
4		17,00	-999,00	40,00	0,01	0,00	0,00	Independent on depth	0,00	0,00
5		17,00	-999,00	70,00	0,01	0,00	0,00	Independent on depth	0,00	0,00
6		17,00	-999,00	13,00	0,01	0,00	0,00	Independent on depth	0,00	0,00
7		17,00	-999,00	20,00	0,01	0,00	0,00	Independent on depth	0,00	0,00
8		17,00	-999,00	10,00	0,01	0,00	0,00	Independent on depth	0,00	0,00
9		17,00	-999,00	8,00	0,01	0,00	0,00	Independent on depth	0,00	0,00
10		17,00	-999,00	35,00	0,01	0,00	0,00	Independent on depth	0,00	0,00
11		18,00	-999,00	0,00	25,00	0,00	0,00	Independent on depth	0,00	0,00
12		18,00	-999,00	0,00	26,00	0,00	0,00	Independent on depth	0,00	0,00
13		20,00	-999,00	0,00	30,00	0,00	0,00	Independent on depth	0,00	0,00

Titelija ja suunnittelukohde
Etelä-Pohjanmaan ELY-keskus
KOSKENKORVAN SORTUMAN
TARKASTELU

ALUETEKNIIKKA OY
Asemakatu 1, 42100 Lapua
Puh. 06-4374 350 Fax 06-4374 351
EMAIL: etunimi.sukunimi@aluetekniikka.com

16.12.2011 Juha Porre Martti Kaunismäki

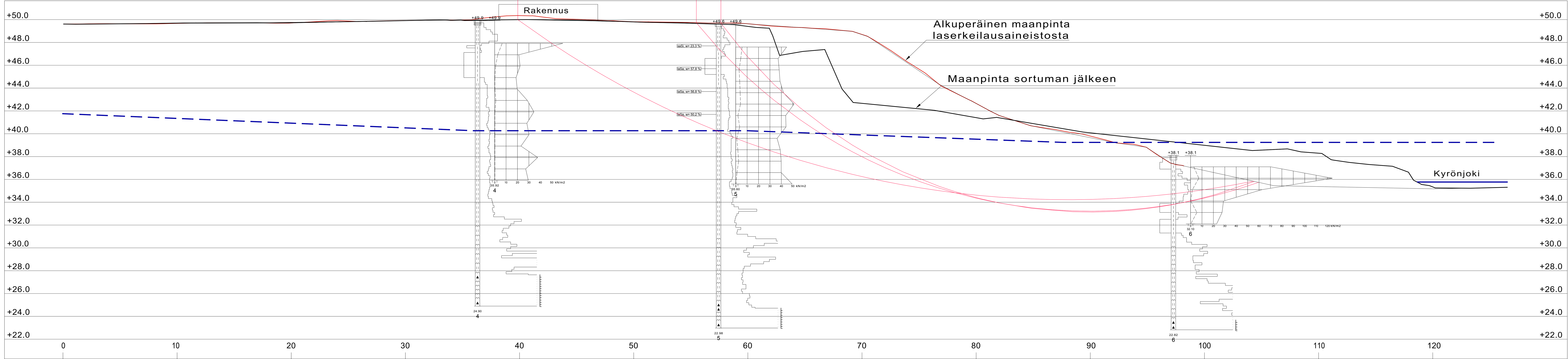
Piirustuksen sisältö
LEIKKAUS A-A

Mittakaavat

Työn ja piirustuksen n:o

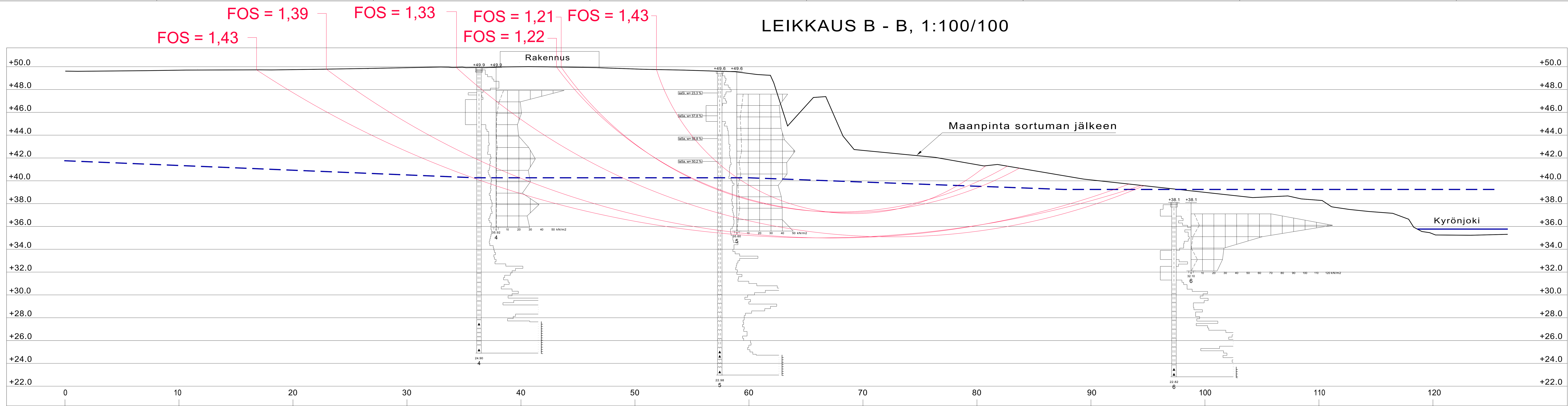
LEIKKAUS B - B, 1:100/100

FOS = 1,04 FOS = 1,01 FOS = 1,01



2D Bishop's Simplified
Min.FOS = 1,01

Id	Soil layer	γ [kN/m³]	γ_{sat} [kN/m³]	c [kPa]	Φ [°]	c [kPa/m]	Φ [°/m]	Material Type	γ_u	$\gamma_{u,s}$
1		17,00	-999,00	5,00	0,01	0,00	0,00	Independent on depth	0,00	0,00
2		17,00	-999,00	40,00	0,01	0,00	0,00	Independent on depth	0,00	0,00
3		17,00	-999,00	35,00	0,01	0,00	0,00	Independent on depth	0,00	0,00
4		17,00	-999,00	17,00	0,01	0,00	0,00	Independent on depth	0,00	0,00
5		17,00	-999,00	40,00	0,01	0,00	0,00	Independent on depth	0,00	0,00
6		17,00	-999,00	20,00	0,01	0,00	0,00	Independent on depth	0,00	0,00
7		17,00	-999,00	30,00	0,01	0,00	0,00	Independent on depth	0,00	0,00
8		17,00	-999,00	20,00	0,01	0,00	0,00	Independent on depth	0,00	0,00
9		17,00	-999,00	40,00	0,01	0,00	0,00	Independent on depth	0,00	0,00
10		17,00	-999,00	25,00	0,01	0,00	0,00	Independent on depth	0,00	0,00
11		17,00	-999,00	22,00	0,01	0,00	0,00	Independent on depth	0,00	0,00
12		18,00	-999,00	0,00	27,00	0,00	0,00	Independent on depth	0,00	0,00
13		20,00	-999,00	0,00	34,00	0,00	0,00	Independent on depth	0,00	0,00



2D Bishop's Simplified
Min.FOS = 1,21

Id	Soil layer	γ [kN/m ³]	γ_{sat} [kN/m ³]	c [kPa]	ϕ [°]	c [kPa/m]	ϕ [°/m]	Material Type	r_u	r_{uq}
1	17,00	-999,00	5,00	0,01	0,00	0,00	Independent on depth	0,00	0,00	0,00
2	17,00	-999,00	30,00	0,01	0,00	0,00	Independent on depth	0,00	0,00	0,00
3	17,00	-999,00	10,00	0,01	0,00	0,00	Independent on depth	0,00	0,00	0,00
4	17,00	-999,00	35,00	0,01	0,00	0,00	Independent on depth	0,00	0,00	0,00
5	17,00	-999,00	17,00	0,01	0,00	0,00	Independent on depth	0,00	0,00	0,00
6	17,00	-999,00	40,00	0,01	0,00	0,00	Independent on depth	0,00	0,00	0,00
7	17,00	-999,00	20,00	0,01	0,00	0,00	Independent on depth	0,00	0,00	0,00
8	17,00	-999,00	30,00	0,01	0,00	0,00	Independent on depth	0,00	0,00	0,00
9	17,00	-999,00	20,00	0,01	0,00	0,00	Independent on depth	0,00	0,00	0,00
10	17,00	-999,00	40,00	0,01	0,00	0,00	Independent on depth	0,00	0,00	0,00
11	17,00	-999,00	25,00	0,01	0,00	0,00	Independent on depth	0,00	0,00	0,00
12	17,00	-999,00	22,00	0,01	0,00	0,00	Independent on depth	0,00	0,00	0,00
13	18,00	-999,00	0,00	27,00	0,00	0,00	Independent on depth	0,00	0,00	0,00
14	20,00	-999,00	0,00	34,00	0,00	0,00	Independent on depth	0,00	0,00	0,00

A. POHJATUTKIMUSMERKINNÄT KARTOILLA

KAIRAUKSET

TÄRYKAIRAUUS
PISTO- JA LYÖNTIKAIRAUUS
PORAKONEKAIRAUUS TANGOILLA

PAINOKAIRAUUS

PURISTINKAIRAUUS

HEIJARIKAIRAUUS

SIIPIKAIRAUUS

PUTKIKAIRAUUS

KALLIONÄYTEKAIRAUUS
-kaltevuus vaakatasosta
-reian suunta(= nuolen suunta)
-reian pituus vaakatasoon projisoituna(= nuolen pituus)

Merkkien koko voidaan valita kartan mittakaavan mukaan
Suositellut koot ovat:
1 : 100 - 1 : 1000 1 : 500 - 1 : 5000 1 : 4000 - 1 : 10000
4mm 3mm 2mm

GEOFYSIKAALISET LUOTAUSLINJAT

ESIM.

SEISM 1
0 200 400 SEISMINEN LUOTAUSLINJA

KAIRAUSTEN PÄÄTTYMINEN

KAIRAUUS LOPETETTU MÄÄRÄSYVYYTEEN

KAIRAUUS PÄÄTTYNYT TIIVIISEEN MAAKERROKSEEN

KAIRAUUS PÄÄTTYNYT KIVEEN TAI LOHKAREESEEN

KAIRAUUS PÄÄTTYNYT KIVEEN, LOHKAREESEEN TAI KALLIOON

KAIRAUUS PÄÄTTNYT KALLIOON

KAIRAUUS PÄÄTTYNYT KALLIOON, VARMISTETTU
KALLIOKAIRAUKSELLA

KALLIOPINTA HAVAITTU KOEKUOPALLA

KOORDINAATTI- JA KORKEUSTASOTIEDOT

Tutkimuksen
tunnusnumero
Kairauspiste
koordinaatit
Maakerroksen ala-
pinnan syvyys
maapinnasta (m)
Kalliopinnan syvyys
maapinnasta (m)

W +8,0...+8,5
15,2.-15,9,85
+25,2 (N 60)
+24,0 Sa
+19,7 Hk
+17,2 Mr
+17,2 Ka
+14,2

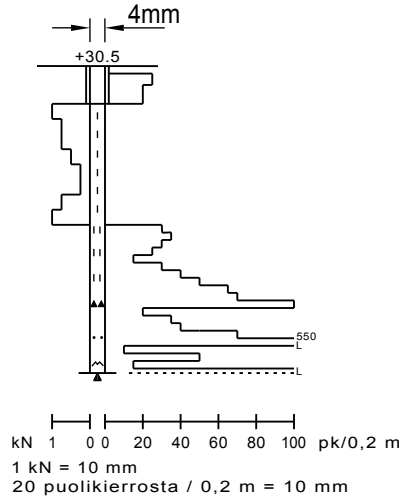
Maakerroksen ala-
pinnan syvyys
maapinnasta (m)
Kalliopinnan syvyys
maapinnasta (m)

Maakerroksen ala-
pinnan syvyys
maapinnasta (m)
Kalliopinnan syvyys
maapinnasta (m)

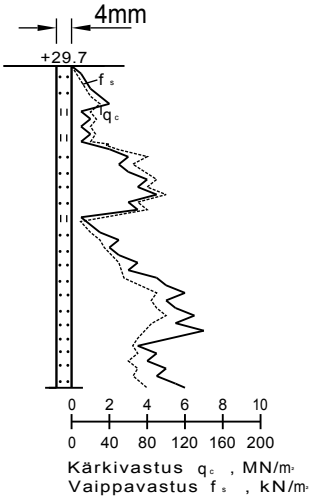
Pohjaveden pinta pohjavesi-
putkessa korkeudella +8,0...+8,5
aikana 15.2. - 15.9.85
Maapinnan korkeustaso
(korkeusjärjestelmä)
Maakerroksen alapinnan
korkeustaso
Kalliopinnan korkeustaso
Kalliokairauksen tai
-porauksen päättymistaso

B. POHJATUTKIMUSMERKINNÄT LEIKKAUKSISSA

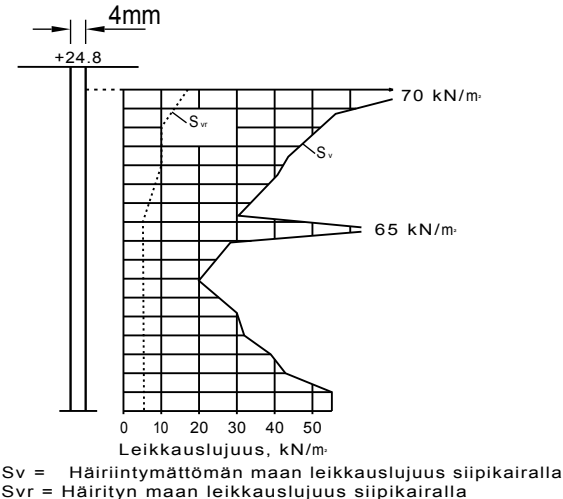
PAINOKAIRAUUS



PURISTINKAIRAUUS

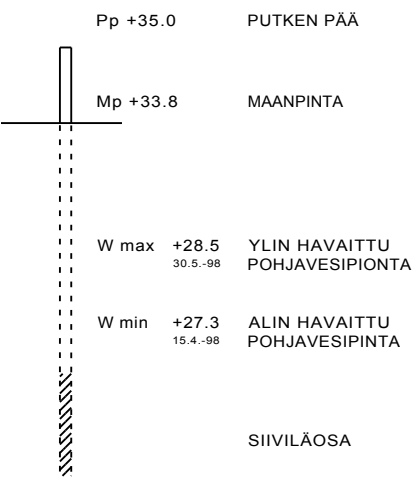


SIIPIKAIRAUUS

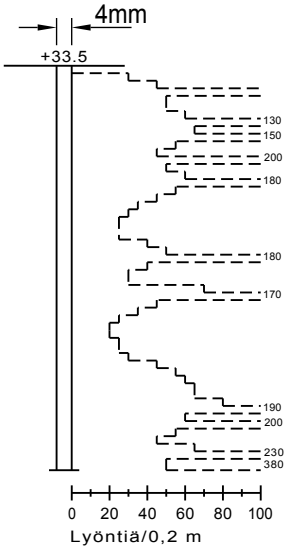


POHJAVESIPUTKI

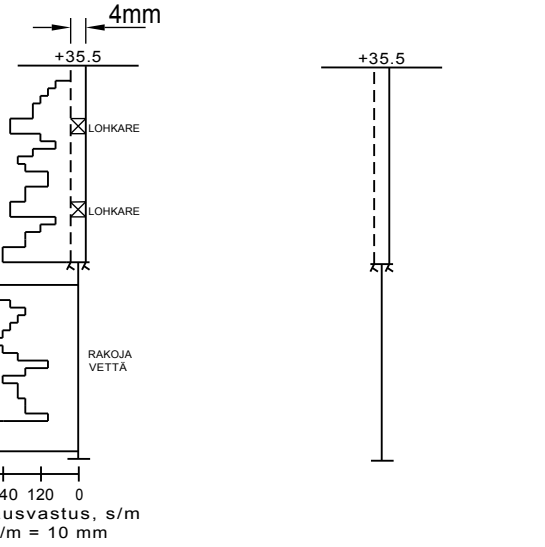
HAVAINTOVÄLI 15.4. ... 30.5.1998



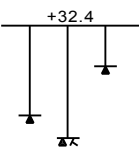
HEIJARIKAIRAUUS



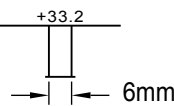
PORAKONEKAIRAUUS TANGOILLA



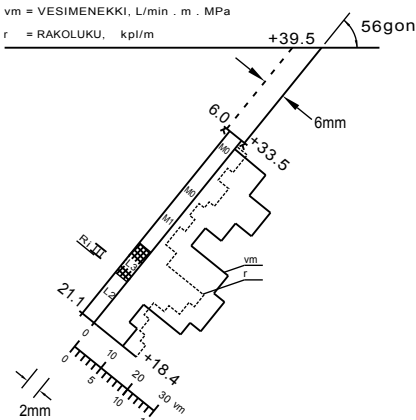
TÄRYKAIRAUUS



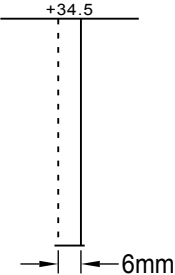
KOEKUOPPA



KALLIONÄYTEKAIRAUUS



PUTKIKAIRAUUS
PORAKONEELLA
TAI JUNTATEN



MAALAJIMERKINNÄT

(GEOTEKNINEN MAALAJILUOKITUS)
-MERKINNÖISTÄ KÄYTETÄÄN ENSISIJAISESTI
OIKEALLA PUOLELLA ESITETTYJÄ MAALAJIMERKINTÖJÄ

MAALAJI- RYHMÄ	MAALAJIT	VÄRIT
ELOPERAISET MAALAJIT (E)	HUMUSMAA	Hm
	TURVE	Tv
	LIEJU	Lj
HIENO- RAKEISET MAALAJIT (H)	SAVI	Sa
	SILTTI	Si
KARKEA- RAKEISET MAALAJIT (K)	HIEKKA	Hk
	SORA	Sr
	SILTITOREENI	SiMr
MOREENI MAALAJIT (M)	HIEKKAMOREENI	HkMr
	SORAMOREENI	SrMr
	KIVIÄ	Ki
	LOHKAREITA	Lo
	KIVI TAI LOHKARE	lapiporattu *)
*) merkin korkeus osoittaa lohkareen koon		

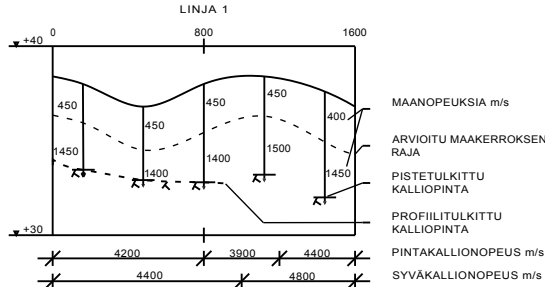
MAALAJIRAJAT

MAANPINTA
VESIALUEELLA POHJAN PINTA
VESIPINTA
TUTKIMUSTULOSEN PERUSTEELLA
ARVIOITU MAALAJIRAJA
TUTKIMUSTULOSEN PERUSTEELLA
ARVIOITU KALLIOPINTA
TODETTU KALLIOPINTA

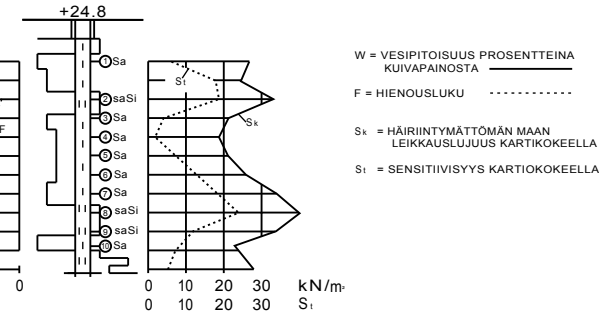
KAIRAUSTEN PÄÄTTYMINEN

KAIRAUUS LOPETETTU MÄÄRÄSYVYYTEEN
KAIRAUUS PÄÄTTYNYT TIIVIISEEN MAAKERROSTUMAAN
KAIRAUUS PÄÄTTYNYT KIVEEN TAI LOHKAREESEEN
KAIRAUUS PÄÄTTYNYT KIVEEN, LOHKAREESEEN
TAI KALLIOON
KAIRAUUS PÄÄTTYNYT KALLIOON
KAIRAUUS PÄÄTTYNYT KALLIOON,
VARMISTETTU KALLIOKAIRAUKSELLA

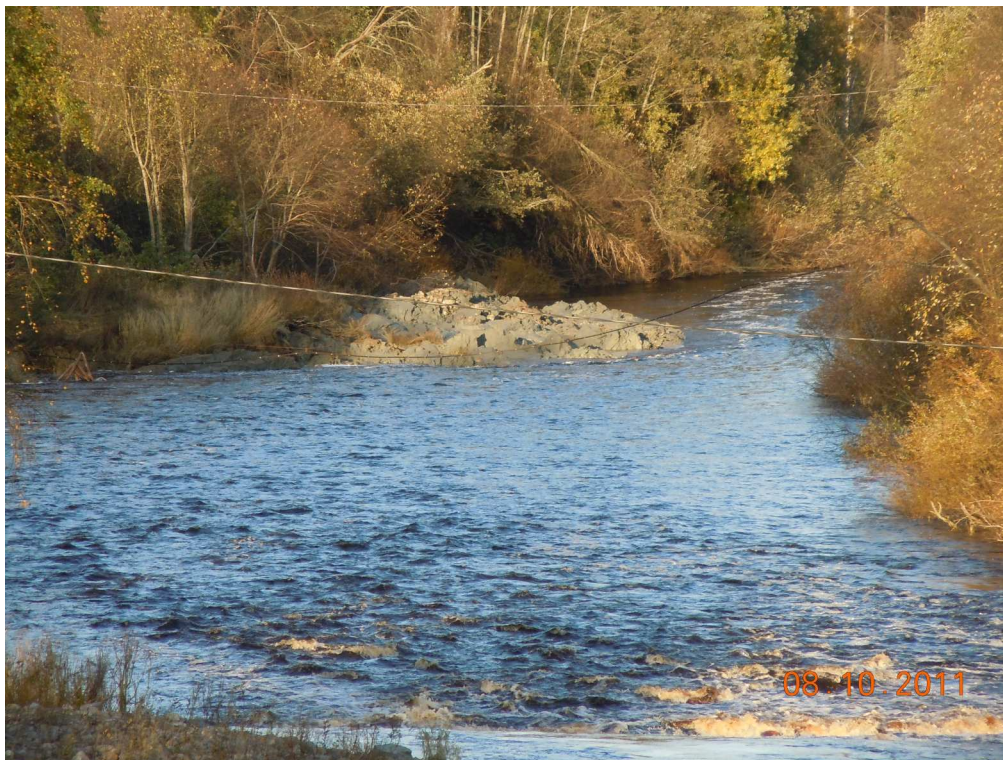
SEISMINEN LUOTAUS



NÄYTTEENOTTO JA
LABORATORIOTUTKIMUKSET



POHJATUTKIMUSMERKINNÄT



ETELÄ-POHJANMAAN ELY-KESKUS KOSKENKORVAN SORTUMAN TARKASTELU JA KORJAUSSUUNNITELMA

AT

SISÄLLYSLUETTELO

1 YLEISTÄ	1
2 KORJAUSVAIHTOEHDOT	1
2.1 Pohjanvahvistaminen pilaristabiloinnilla	1
2.2 Pohjanvahvistus massanvaihdolla ja vastapenkereellä	2
2.3 Pohjanvahvistus pilaristabiloinnilla ja vastapenkereellä	3
2.4 Luiskan tasaus ja rakennusten siirto tai purku	3
3 KUSTANNUKSET	4
4 JATKOSUUNNITTELU	5

LIITTEET JA PIIRUSTUKSET

Kustannusarviot	1/3423
Yleiskartta 1:10 000	3423.1
Suunnitelmapaketti 1:500, pohjanvahvistus	3423.102
Suunnitelmapaketti 1:500, sortuman tasaus ja luiskaus	3423.103
Suunnitelmapaketti 1:500, massanvaihto ja vastapenger	3423.104
Suunnitelmapaketti 1:500, pilaristabilointi ja vastapenger	3423.105
Leikkauspiirustus 1:100/100, pilaristabilointi, $F > 1,8$	3423.14
Leikkauspiirustus 1:100/100, massanvaihto ja vastapenger, $F > 1,8$	3423.15
Leikkauspiirustus 1:100/100, pilaristabilointi ja vastapenger, $F > 1,8$	3423.16
Leikkauspiirustus 1:100/100, massanvaihto ja vastapenger, $F > 1,55$	3423.17
Leikkauspiirustus 1:100/100, pilaristabilointi ja vastapenger, $F > 1,55$	3423.18
Leikkauspiirustus 1:100/100, luiskan tasaus, $F > 1,3$	3423.19

1 YLEISTÄ

Etelä-Pohjanmaan ELY-keskuksen toimeksiannosta Suunnittelutoimisto Aluetekniikka Oy on suorittanut marras-joulukuussa 2011 Kyrönjoen jokirantaluisikan vakavuustarkastelun Koskenkorvalla, Ilmajoella. Vakavuustarkastelun lisäksi tehtiin korjaussuunnitelma, joka tässä suunnitelmaselostuksessa esitellään.

Tutkimuspaikka sijaitsee osoitteessa Vanhatie 1, Koskenkorva. Tarkempi sijainti käy ilmi yleiskartasta 3423.1. Sortuma sijaitsee Kyrönjoen paalulla noin 1164+50.

Tässä yleissuunnitelmassa esittelemme kuusi teknisesti mahdollista korjaustapaa, jotka poikkeavat toisistaan kustannusten ja korjatun luiskan kokonaisvarmuusluvun osalta.

Mahdollisia korjausvaihtoehtoja suunniteltiin käyttäen apuna Novapoint GeoCalc-ohjelman stabiliteettilaskentatyökalua. Ohjelma laskee kerrallaan tuhansia liukupintoja, joista voidaan esittää tietyltä liukupinnan alku- ja loppuväliltä vaarallisimmat liukupinnat. Tässä suunnitelmassa liukupinnat laskettiin $\phi=0$ -menetelmällä. Laskentateorianä käytettiin Bishopin yksinkertaistettua 2D-menetelmää. Suunniteltaessa massanvaihtoja louheesta, käytettiin louheelle kitkakulman arvoa 40° .

Suunnitteluun osallistui myös DI Martti Kujanpää. Martti Kujanpää on työskennellyt pitkään geotekniikan ja vesistöasioiden asiantuntijana. Viimeksi hän toimi Etelä-Pohjanmaan ELY-keskuksessa, josta jäi eläkkeelle loppuvuodesta 2010.

Suunnittelun perustana käytettiin Pohjarakennusohjeissa RIL 121-2004 esitettyä vaatimusta rakennuspohjan alueellisen sortuman varmuudesta sortuman suhteen, joka on 1,8. Tämä varmuusluku on vaatimuksena uusille rakennuksille ja yleensä ehto rakennusluvun myöntämiselle. Tässä suunnitelmassa suunniteltiin myös luiskan korjausvarmuusluvulla 1,55 ja 1,3. Tämä varmuusluku 1,55 ei perustu määräykseen eikä suositukseen, vaan se on suunnitteluryhmän pohdinnan tulos. Pidämme 1,55 varmuutta riittävänä tässä tapauksessa olevalle rakennuspohjalle, jossa jo on oleva asuinrakennus. Tämä vaihtoehto suunniteltiin, koska korjauskustannukset ovat jonkin verran korkeampaan varmuuslukuun verraten pienemmät. Matalin varmuusluku 1,3 on käytökelpoinen, mikäli kiinteistöltä poistetaan asumiskäyttöön tarkoitetut rakennukset eikä kiinteistölle rakenneta uusia rakennuksia. Pohjarakennusohjeiden mukaan puisto- ja virkistysalueille vaaditaan kokonaisvarmuusluku 1,5.

2 KORJAUSVAIHTOEHDOT

2.1 Pohjanvahvistaminen pilaristabiloinnilla

Tässä vaihtoehdossa lähtökohtana on, että sortuman kohdalla olevassa rakennuksessa voitaisiin edelleen turvallisesti asua. Leikkaukseen B-B suunniteltiin pilaristabilointi varmuusluvulle 1,8.

Leikkauspiirustuksessa 3423.14 ja suunnitelmakartalla 3423.102 on esitetty pohjavahvistuksen yleissuunnitelma. Pohja vahvistetaan luiskaa vasten kohtisuorilla, seinämärakenteisilla kalkki-sementtipilareilla. Pilareiden halkaisijana voidaan käyttää 60 cm. Pilarit tehdään luiskaa vasten kohtisuoraan suunnassa k/k välillä 0,5 metriä, jolloin pilareista tulee yhtenäinen seinämä. Seinämien välinen etäisyys toisistaan k/k on 1 met-



ri. Tällaisella pilarijaolla saadaan aikaan vahvistettu maarakenne, jonka keskimääräinen leikkauslujuus on 100 kPa. Koska varsinaisia stabiloitavuuskokeita ei ole tehty, arvioitiin pilareista saatavan noin 200 kPa leikkauslujuus. Mikäli tähän vaihtoehtoon päädytään, on stabiloitavuuskokeet tehtävä ja tarvittaessa tarkistettava suunnitelmaa. Stabiloitavuuskokeita ei tässä vaiheessa tehty, koska sideaineiden menekin täsmällisellä tiedolla ei ole tässä vaiheessa suurta merkitystä.

Työn suorittaminen vaatii työmaatien rakentamisen jokirantaan. Pilarointityö aloitetaan joen rannasta. Tarvittaessa rakennetaan luiskaan tasanteita, jotta luiskassa voidaan kalustolla liikkua. Kun pilarointityö on tehty ja pilarit lujittuneet, voidaan jokeen sortuneet massat kaivaa pois. Massansiirrot ovat helpointa suorittaa jäätyneen maan päältä. Työn aikana pilarointityön laatua valvotaan pilarikairauksilla.

Leikkauspiirustuksessa 3423.14 on esitetty pilaristabiloinnilla vahvistetun luiskank varmuus sortumaa vastaan. Varmuusluku on 1,81 sortumaa vastaan, eli täyttää Pohjarakennusohjeissa RIL 121-2004 määrätyn arvon rakennuspohjan alueelliselle sortumalle.

2.2 Pohjanvahvistus massanvaihdolla ja vastapenkereellä

Tässä vaihtoehdossa on lähtökohtana myös, että sortuman kohdalla olevassa rakennuksessa voidaan edelleen turvallisesti asua. Leikkaukseen B-B suunniteltiin massanvaihto ja vastapenger varmuusluville 1,8 ja 1,55.

Leikkauspiirustuksessa 3423.15 on esitetty massanvaihdon syvyys ja vastapenkereen muoto sekä korkeus, jolla saavutetaan 1,8 kokonaisvarmuus sortuman suhteen. Tähän leikkauspiirustukseen liittyy suunnitelmakartta 3423.104, jossa on esitetty valmiin luiskank korkeuskäyrät. Massanvaihtoon ja vastapenkereeseen käytetään täyttönä kalliomursketta 0-300 mm.

Leikkauspiirustuksessa 3423.17 on esitetty massanvaihdon syvyys ja vastapenkereen muoto sekä korkeus, jolla saavutetaan 1,54 kokonaisvarmuus sortuman suhteen. Tätä vaihtoehtoa suunniteltaessa kokeiltiin myös, voisiko massanvaihdon alapinnan taso olla leikkauspiirustuksessa esitettyä tasoa ylempänä. Jos massanvaihtoa ei voida ulottaa esitetylle tasolle, pyrkii muodostumaan vaarallisia liukupintoja massanvaihtotason alapuolelle joiden varmuusluvut ovat luokkaa 1,4.

Massanvaihtotyö suunnitellaan etenevän siten, että massanvaihto aloitetaan rakennettavan työmaatien puoleisesta päästä. Massanvaihtoa voi tehdä samanaikaisesti yksi tai kaksi kaivinkonetta, jotka kaivavat massaa suunnitelmassa esitettyyn tasoon saakka. Kaivantoa pidetään auki kerrallaan vain sen verran, että massan kaivu ja sen täyttö päätypengerryksenä on mahdollista tehdä samanaikaisesti. Työ etenee rannan suuntaisesti. Kaivannon sivuluiskia voidaan loiventaa suunnitelmassa esitetystä pystysuorasta luiskasta juuri sen verran, että luiska pysyy paikallaan siihen asti kunnes kaivanto taas siltä kohtaa täytetään. Kun massanvaihtotyö on tehty, tehdään vastapengerrakenne aloittaen työmaatieltä katsoen kauimmaisesta päästä. Samalla kaivetaan jokeen sortuneet massat ja kuljetetaan läjitysalueelle.

Työn onnistumisen kannalta suurin riski on, ettei massanvaihtoa pystytä toteuttamaan suunniteltuun tasoon saakka. Massanvaihdon alapinta on noin 7,5 metrin syvyydessä nykyisestä maanpinnasta. Kaivannon pohjalla voidaan massanvaihto osittain korvata



pohjamaan häirinnällä ja tehdä massanvaihto syrjäyttämällä häirityt massat. Louhosmassan painumista häirittyyn pohjamaahan parantaa, mikäli massanvaihtopenkereestä syntyvä työmaatie rakennetaan 1...1,5 m ylikorkeana. Ylimääräiset massat muotoiltaan lopuksi vastapenkereeksi.

Luiskan sortumisriski työaikana on myös otettava huomioon. Kaivettavien ja tuotavien massojen vähäisellä sekoittumisella ei ole suurta merkitystä, kunhan kaivanto pystytään pitämään työn aikana mahdollisimman lyhyenä rannan suunnassa. Tällä voidaan minimoida riski, että luiska sortuu työn aikana.

2.3 Pohjanvahvistus pilaristabiloinnilla ja vastapenkereellä

Tässä vaihtoehdossa on lähtökohtana myös, että sortuman kohdalla olevassa rakennuksessa voidaan edelleen turvallisesti asua. Leikkaukseen B-B suunniteltiin pilaristabilointi ja vastapenger varmuusluvuille 1,8 ja 1,55.

Leikkauspiirustuksessa 3423.16 on esitetty pilaristabiloinnin laajuus ja vastapenkereen muoto sekä korkeus, jolla saavutetaan 1,8 kokonaisvarmuus sortuman suhteen. Pilaristabilointi on suunniteltu vastaavasti kuin vaihtoehdossa, jossa koko luiska vahvistetaan pilaristabiloinnilla lamellimaisin pilarirakentein. Tässä vaihtoehdossa kuitenkin käytettiin maan ja pilaristabiloinnin keskimääräisenä leikkauslujuutena 70 kPa.

Leikkauspiirustuksessa 3423.18 on esitetty pilaristabiloinnin laajuus ja vastapenkereen muoto sekä korkeus, jolla saavutetaan 1,55 kokonaisvarmuus sortuman suhteen. Tässä vaihtoehdossa pilaristabiloitava osuus leikkauksessa on hieman kapeampi ja vastapengerrakenne matalampi. Muutoin pilaristabilointi on vastaava kuin leikkausten 3423.14 ja 3423.16 vaihtoehdoissa.

Pilaristabilointityötä varten alueelle rakennetaan työmaatie ja pilaroitava alue tasataan. Pilarointikonetta varten rakennetaan tarvittavat työalustat. Kun pilarit ovat lujittuneet, rakennetaan vastapenger suunnitelman mukaisesti. Vastapenkereen rakentamisen yhteydessä kaivetaan jokeen sortuneet massat ja kuljetetaan ne läjitysalueelle.

Mikäli pilaristabilointivaihtoehtoon päädytään, on tehtävä stabilointikokeet laboratoriossa ja tarvittaessa tarkistettava suunnitelmia. Työn aikana pilarointityön laatua valvotaan pilarikairauksilla.

Pilaristabilointi on työtekniisesti vähemmän riskejä sisältävä vaihtoehto kuin massanvaihto. Pilaristabilointityö voidaan tehdä maanpinnan päältä ilman syviä kaivauksia.

2.4 Luiskan taseus ja rakennusten siirto tai purku

Tässä vaihtoehdossa lähtökohtana on, että kiinteistöllä sijaitsevat rakennukset joko siirretään tai puretaan kokonaan.

Leikkauspiirustuksessa 3423.19 ja suunnitelmakartalla 3423.103 on esitetty suunnitelma sortuman korjaamisesta tasaamalla luiska noin 1:4 kaltevuuteen. Työ aloitetaan purkamalla tai siirtämällä kiinteistön päärakennus uudelle perustukselle. Ulkorakennukset puretaan. Luiskan tasaaminen aloitetaan uuden luiskan yläreunasta, jolloin saadaan parannettua työnaikaista varmuuslukua. Viimeisenä siirretään sortuneet massat jokiuomasta rakennettua työmaatietä pitkin läjitysalueelle. Massansiirrot ovat helpoin-



ta toteuttaa jäätyneen maan päältä. Tasattu luiska nurmetetaan tai laikutetaan ruohomättäillä.

Varmuusluku on tässä tapauksessa 1,33 jota voidaan pitää riittävänä ottaen huomioon alueen herkkyyden vastaaville sortumille. Varmuusluku ei kuitenkaan täytä Pohjarakennusohjeissa RIL 121-2004 esitettyä vaatimusta piha-, puisto- ja virkistysalueilla, joilla ei ole asumiseen tai työntekemiseen tarkoitettuja rakennuksia tai vaativia rakenteita.

3 KUSTANNUKSET

Liitteessä 1/3423 on esitetty kustannusarviot edellisessä kappaleessa esitetyille korjausvaihtoehdoille.

Kustannusarviossa vaihtoehto 1 (leikkauspiirustus 3423.14) luiskanvahvistaminen pilaristabiloinnilla aiheuttaa kustannuksia 900 000 € alv 0 %.

Kustannusarviossa vaihtoehto 2 (leikkauspiirustus 3423.15) luiskanvahvistaminen massanvaihdolla ja vastapenkereellä aiheuttaa kustannuksia 575 000 € alv 0 %.

Kustannusarviossa vaihtoehto 3 (leikkauspiirustus 3423.16) luiskanvahvistaminen pilaristabiloinnilla ja vastapenkereellä aiheuttaa kustannuksia 615 000 € alv 0 %.

Näillä edellä mainituilla vaihtoehdoilla 1-3 voidaan luiska korjata siten, että luiskan varmuus sortuman suhteen on yli 1,8.

Kustannusarviossa vaihtoehto 4 (leikkauspiirustus 3423.17) luiskanvahvistaminen massanvaihdolla ja vastapenkereellä aiheuttaa kustannuksia 490 000 € alv 0 %.

Kustannusarviossa vaihtoehto 5 (leikkauspiirustus 3423.18) luiskanvahvistaminen massanvaihdolla ja vastapenkereellä aiheuttaa kustannuksia 510 000 € alv 0 %.

Näissä vaihtoehdoissa 4 ja 5 luiskan varmuus sortumaa vastaan on noin 1,55.

Vaihtoehdossa 6 (leikkauspiirustus 3423.19), rakennukset poistetaan käytöstä ja luiska tasataan noin 1:4 kaltevuuteen. Kustannuksia aiheutuu noin 100 000 € alv 0 %. Tämän lisäksi kustannuksia tulee mahdollisesta kiinteistön lunastuksesta.



4 JATKOSUUNNITTELU

Kun asianosaiset ovat päässeet yksimielisyyteen luiskan korjausmenetelmästä, on valitulle menetelmälle tehtävä yksityiskohtaiset suunnitelmat. Mikäli valittu menetelmä sisältää pilaristabilointia, on maaperästä otettava maanäytteitä stabiloitavuuskokeita varten. Näiden kokeiden perusteella on tarvittaessa tarkistettava suunnitelmaa. Päädyttäessä massanvaihtoon, on kiinnitettävä huomiota siihen miten massanvaihto pystytään tekemään turvallisesti tässä suunnitelmassa esitettyyn tasoon saakka.

Suunnittelutoimisto Aluetekniikka Oy

Martti Kaunismäki

Juha Porre

Koskenkorvan rantasortuman korjausKustannusarvio ALV 0 %

1/3423

VAIHTOEHTO 1, POHJAMAAN LUJITUS PILARISTABILOINNILLA, VARMUUSLUKU > 1,8

Kustannusten laatu	Määrä	Yksikkö	€/yks.	Yhteensä
Alustavat työt, mittaus ja raivaus	3500	m2tr	2	7000
Maan kaivu ja siirto	2500	m3ktr	10	25000
Pyörrepilarit	53000	mtr	13	689000
Louheverhous	500	m3rtr	25	12500
Suodatinkangas N4	500	m2tr	1,5	750
Kaapeliin siirrot ja varominen	1	erä	4000	4000
Työmaatin rakentaminen	155	mtr	50	7750
Muut kustannukset				4000
Yleiskustannukset n. 20 %				150000
Yhteensä				900 000 €

VAIHTOEHTO 2, MASSANVAIHTO JA VASTAPENGER, VARMUUSLUKU > 1,8

Kustannusten laatu	Määrä	Yksikkö	€/yks.	Yhteensä
Alustavat työt, mittaus ja raivaus	3500	m2tr	2	7000
Maan kaivu, massat läjitykseen	11600	m3ktr	15	174000
Louhetäytöt	14000	m3ktr	20	280000
Tasaustyöt	1000	m2tr	5	5000
Kaapeliin siirrot ja varominen	1	erä	4000	4000
Työmaatin rakentaminen	155	mtr	50	7750
Muut kustannukset				1250
Yleiskustannukset n. 20 %				96000
Yhteensä				575 000 €

VAIHTOEHTO 3, PILARISTABILOINTI JA VASTAPENGER, VARMUUSLUKU > 1,8

Kustannusten laatu	Määrä	Yksikkö	€/yks.	Yhteensä
Alustavat työt, mittaus ja raivaus	3500	m2tr	2	7000
Maan kaivu, massat läjitykseen	2500	m3ktr	15	37500
Pyörrepilarit	24000	mtr	14	336000
Louhetäytöt	5500	m3ktr	20	110000
Tasaustyöt	1000	m2tr	5	5000
Kaapeliin siirrot ja varominen	1	erä	4000	4000
Työmaatin rakentaminen	155	mtr	50	7750
Muut kustannukset				5750
Yleiskustannukset n. 20 %				102000
Yhteensä				615 000 €

VAIHTOEHTO 4, MASSANVAIHTO JA VASTAPENGER, VARMUUSLUKU > 1,55

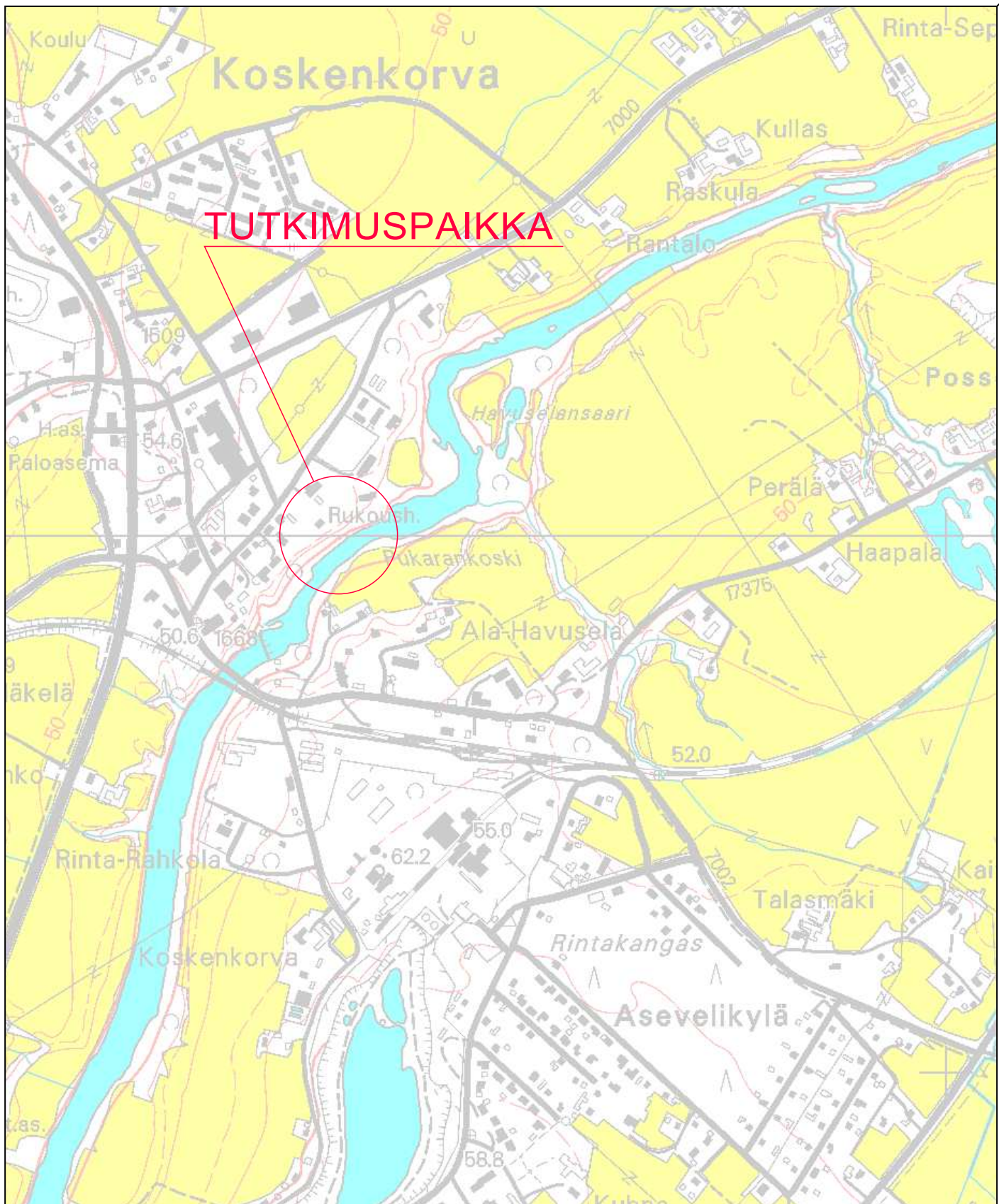
<i>Kustannusten laatu</i>	<i>Määrä</i>	<i>Yksikkö</i>	<i>€/yks.</i>	<i>Yhteensä</i>
Alustavat työt, mittaus ja raivaus	3500	m2tr	2	7000
Maan kaivu, massat läjitykseen	11600	m3ktr	15	174000
Louhetäytöt	10500	m3ktr	20	210000
Tasaustyöt	1000	m2tr	5	5000
Kaapelien siirrot ja varominen	1	erä	4000	4000
Työmaatien rakentaminen	155	mtr	50	7750
Muut kustannukset				250
Yleiskustannukset n. 20 %				82000
<i>Yhteensä</i>				490 000 €

VAIHTOEHTO 5, PILARISTABILOINTI JA VASTAPENGER, VARMUUSLUKU > 1,55

<i>Kustannusten laatu</i>	<i>Määrä</i>	<i>Yksikkö</i>	<i>€/yks.</i>	<i>Yhteensä</i>
Alustavat työt, mittaus ja raivaus	3500	m2tr	2	7000
Maan kaivu, massat läjitykseen	2500	m3ktr	15	37500
Pyörrepilarit	22000	mtr	14	308000
Louhetäytöt	2500	m3ktr	20	50000
Tasaustyöt	1000	m2tr	5	5000
Kaapelien siirrot ja varominen	1	erä	4000	4000
Työmaatien rakentaminen	155	mtr	50	7750
Muut kustannukset				5750
Yleiskustannukset n. 20 %				85000
<i>Yhteensä</i>				510 000 €

VAIHTOEHTO 6, LUISKAN TASAUS, VARMUUSLUKU > 1,3

<i>Kustannusten laatu</i>	<i>Määrä</i>	<i>Yksikkö</i>	<i>€/yks.</i>	<i>Yhteensä</i>
Alustavat työt, mittaus ja raivaus	3500	m2tr	2	7000
Maan kaivu, massat läjitykseen	3600	m3ktr	15	54000
Maan kaivu ja siirto alueella	700	m3ktr	10	7000
Kaapelien siirrot ja varominen	1	erä	4000	4000
Työmaatien rakentaminen	155	mtr	50	7750
Muut kustannukset				3250
Yleiskustannukset n. 20 %				17000
<i>Yhteensä</i>				100 000 €
Lisäksi mahdollinen neuvoteltava kiinteistön lunastuksen kustannus tai rakennusten purkukustannukset				



Tilaaja ja suunnittelukohde

Etelä-Pohjanmaan ELY-keskus
KOSKENKORVAN SORTUMAN
TARKASTELU

Piirustuksen sisältö

YLEISKARTTA

Mittakaavat

1:10 000



SUUNNITTELUTOIMISTO

ALUETEKNIikka OY

Asemakatu 1, 62100 Lapua

Puh. 06-4374 350 Fax 06-4374 351

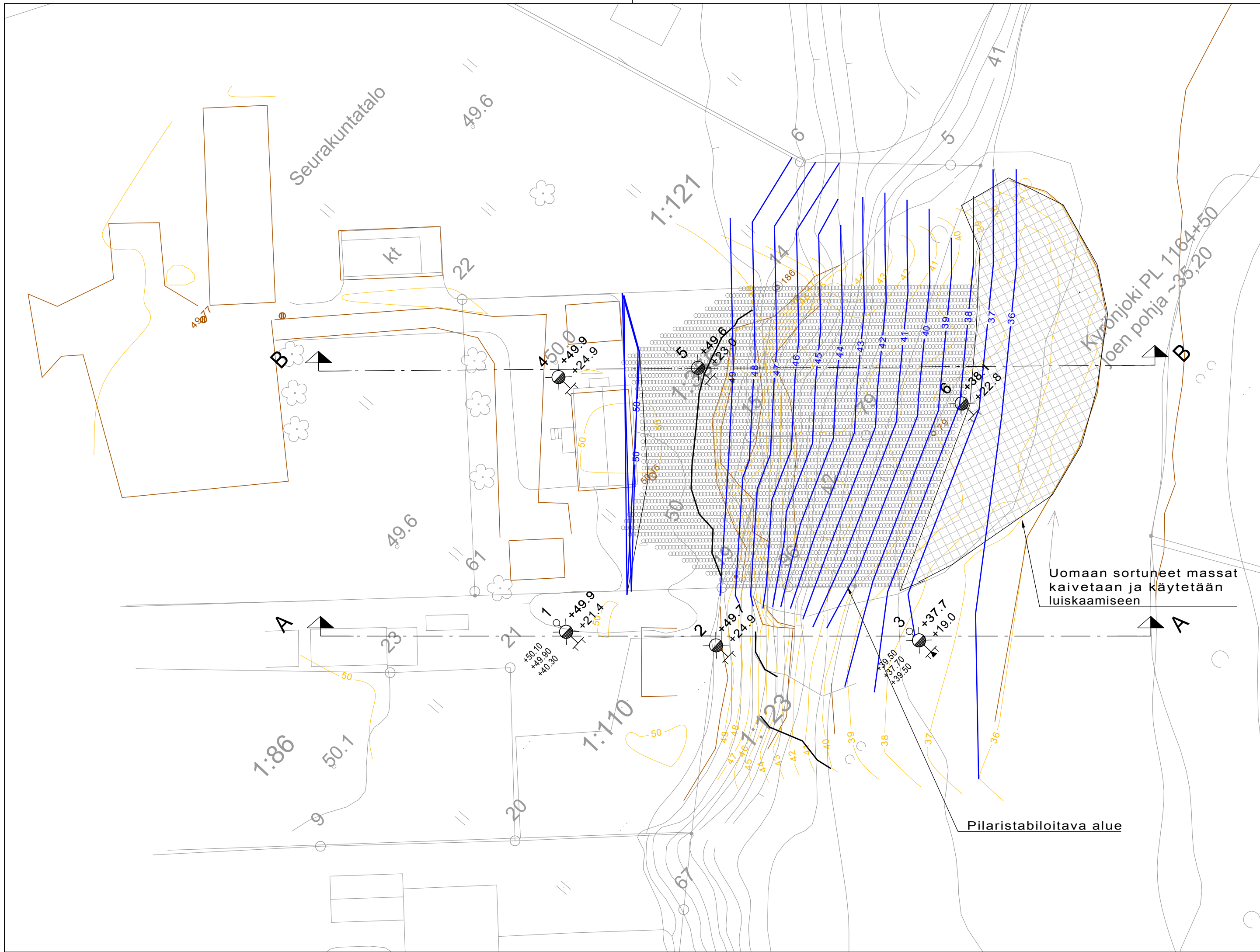
EMAIL: etunimi.sukunimi@aluetekniikka.com




Työn ja piirustuksen n:o

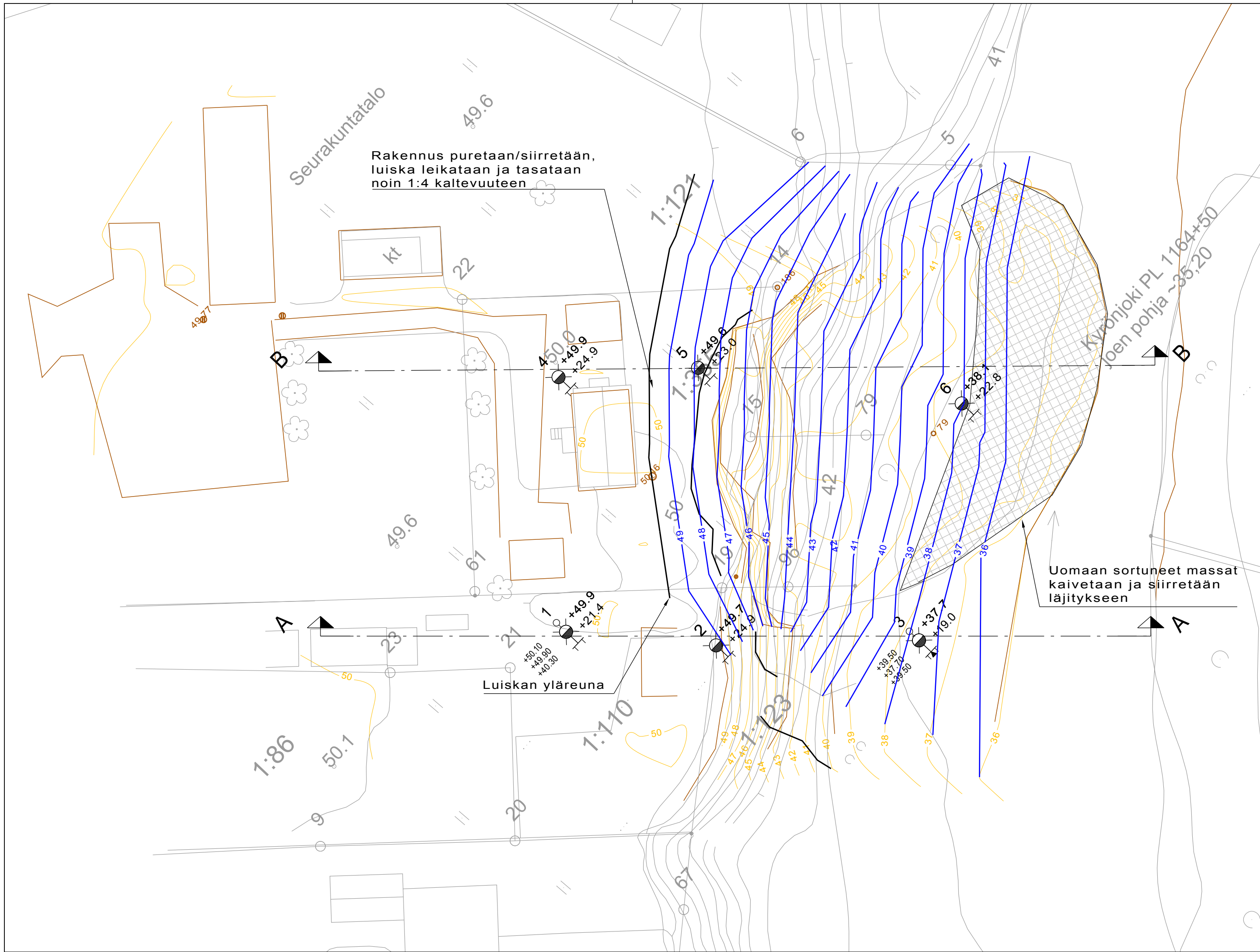
16.12.2011 Juha Porre

Martti Kaunismäki

3423.1



<p>Tilaaaja ja suunnittelukohde</p> <p>Etelä-Pohjanmaan ELY-keskus</p> <p>KOSKENKORVAN SORTUMAN</p> <p>TARKASTELU</p>	<p>Piirustuksen sisältö</p> <p>SUUNNITELMAKARTTA</p> <p>PILARISTABILOINTI JA LUISKAN TASAUS</p> <p>Mittakaavat</p> <p>1:500</p>
<p>2.1.2012</p> <p> SUUNNITTELUTOIMISTO ALUETEKNIikka OY Asemakatu 1, 62100 Lapua Puh. 06-4374 350 Fax 06-4374 351 EMAIL:etunimi.sukunimi@aluetekniikka.com</p> <p> Juha Porre</p>	<p>Työn ja piirustuksen n:o</p> <p>3423.102</p> <p> Martti Kaunismäki</p>



Tilaaaja ja suunnittelukohde
Etelä-Pohjanmaan ELY-keskus
KOSKENKORVAN SORTUMAN
TARKASTELU

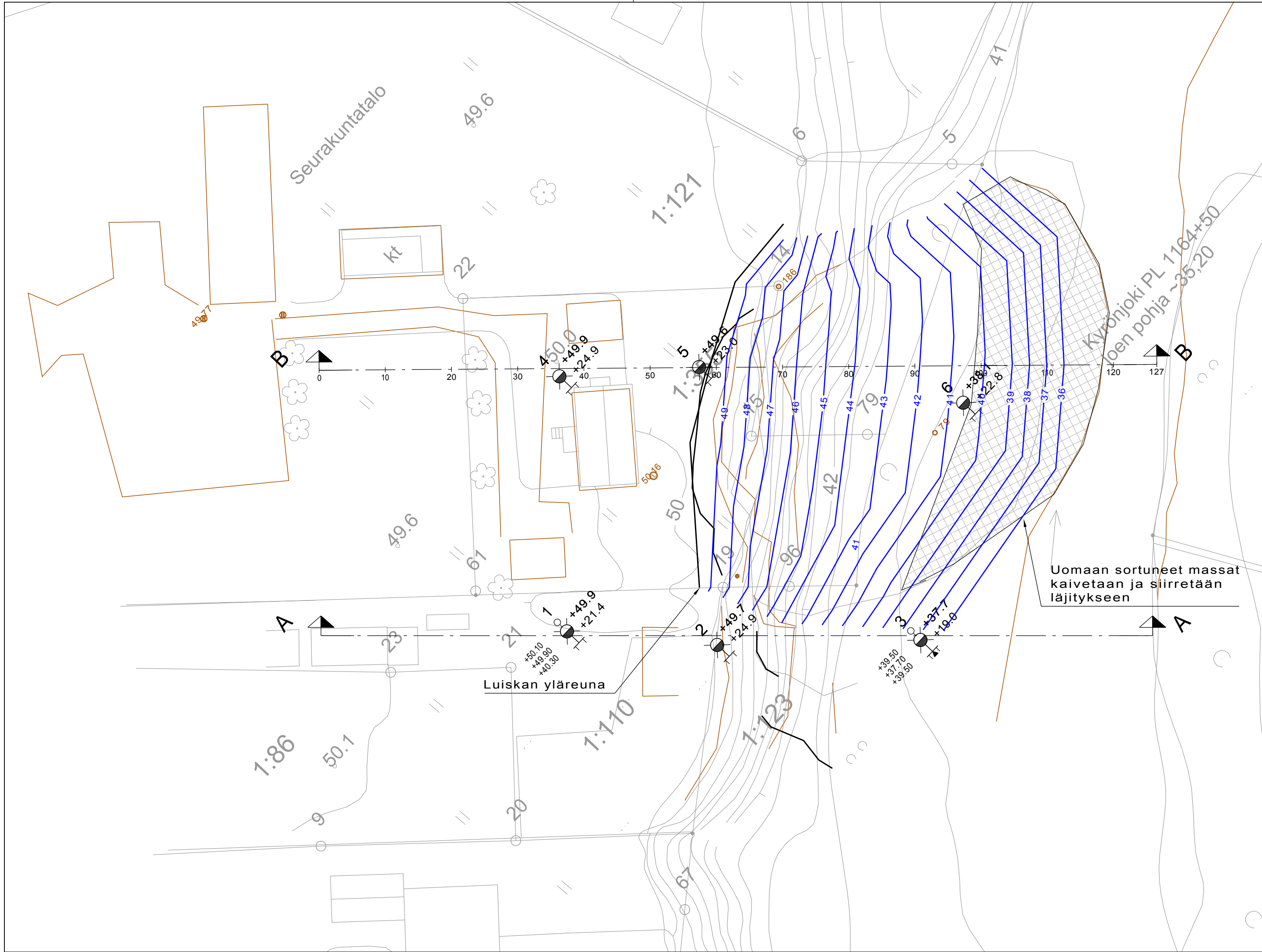
SUUNNITTELUTOIMISTO
ALUETEKNIikka OY
Asemakatu 1, 62100 Lapua
Puh. 06-4374 350 Fax 06-4374 351
EMAIL: etunimi.sukunimi@aluetekniikka.com

2.1.2012
Juha Porre
Martti Kaunismäki

Piirustuksen sisältö
SUUNNITELMAKARTTA
RAKENNUKSEN PURKU JA LUISKAN TASAUS
KALTEVUUTEEN 1:4

Työn ja piirustuksen n:o

3423.103



Suunnitelmapaketti leikkaukseen 3423.15

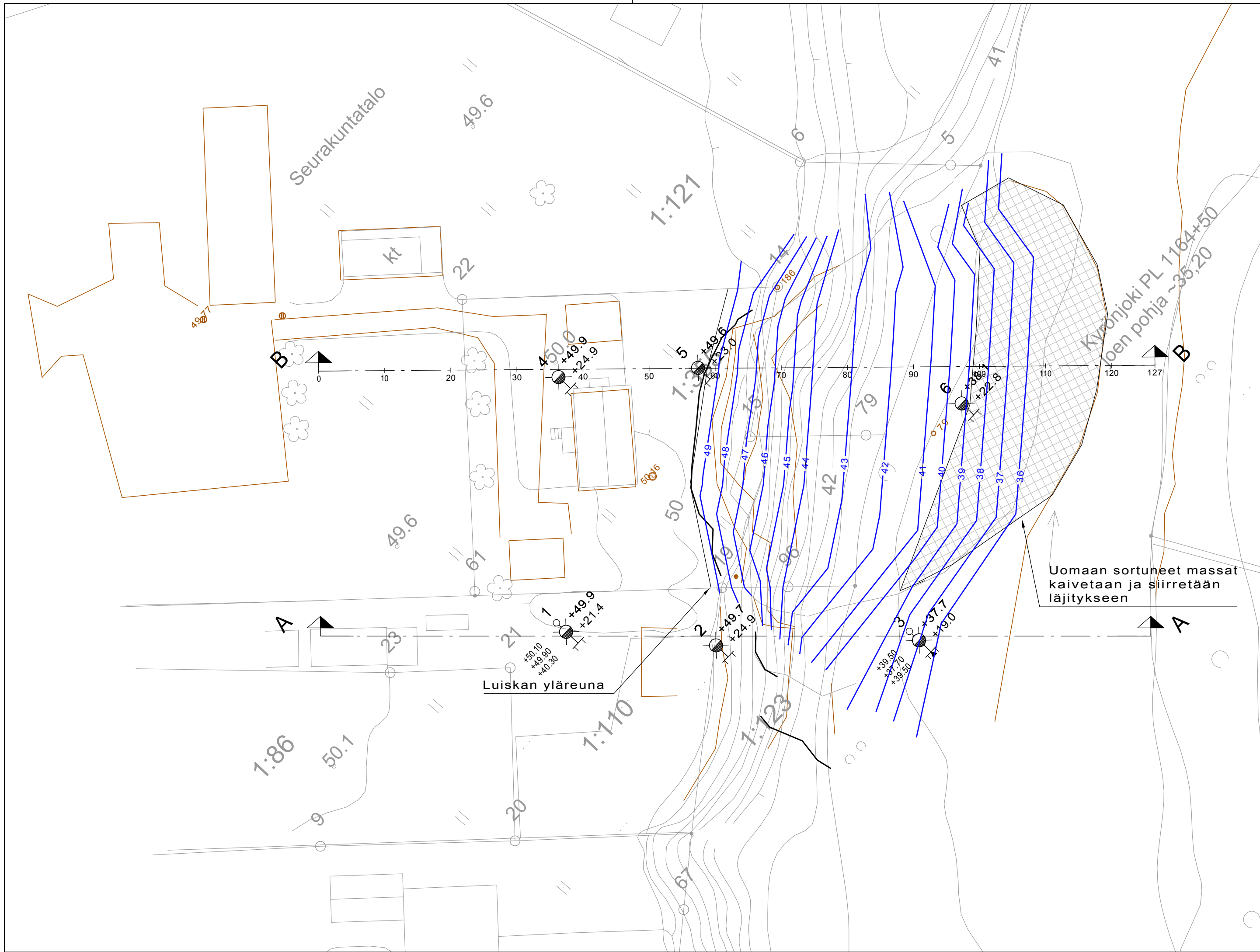
Tilaaaja ja suunnittelukohte	Piirustuksen sisältö	Mittakaavat
Etelä-Pohjanmaan ELY-keskus KOSKENKORVAN SORTUMAN TARKASTELU	SUUNNITELMAKARTTA MASSANVAIHTO JA VASTAPENKEREEN RAKENTAMINEN	1:500

ALUETEKNIikka OY
Asemakatu 1, 62100 Lapua
Puh. 06-4374 350 Fax 06-4374 351
EMAIL: etunimi.sukunimi@aluetekniikka.com

2.1.2012
Juha Porre
Martti Kaunismäki

Työn ja piirustuksen n:o

3423.104



Suunnitelmapartta leikkaukseen 3423.17

Tilaaaja ja suunnittelukohde	Piirustuksen sisältö	Mittakaavat
Etelä-Pohjanmaan ELY-keskus KOSKENKORVAN SORTUMAN TARKASTELU	SUUNNITELMAKARTTA LUISKAN VAHVISTUS PILARISTABILOINNILLA JA VASTAPENKEREELLÄ	1:500

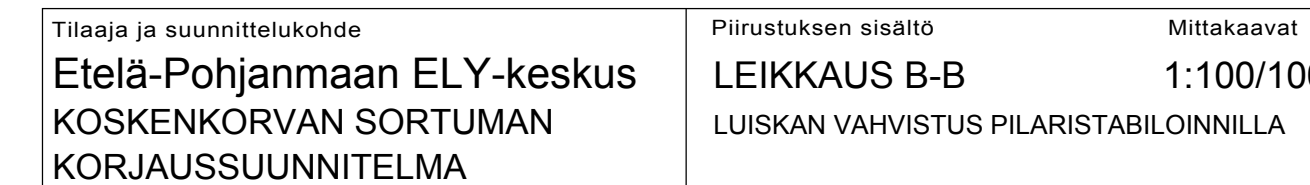
 SUUNNITTELUTOIMISTO
ALUETEKNIikka OY
Asemakatu 1, 62100 Lapua
Puh. 06-4374 350 Fax 06-4374 351
EMAIL: etunimi.sukunimi@aluetekniikka.com

Työn ja piirustuksen n:o

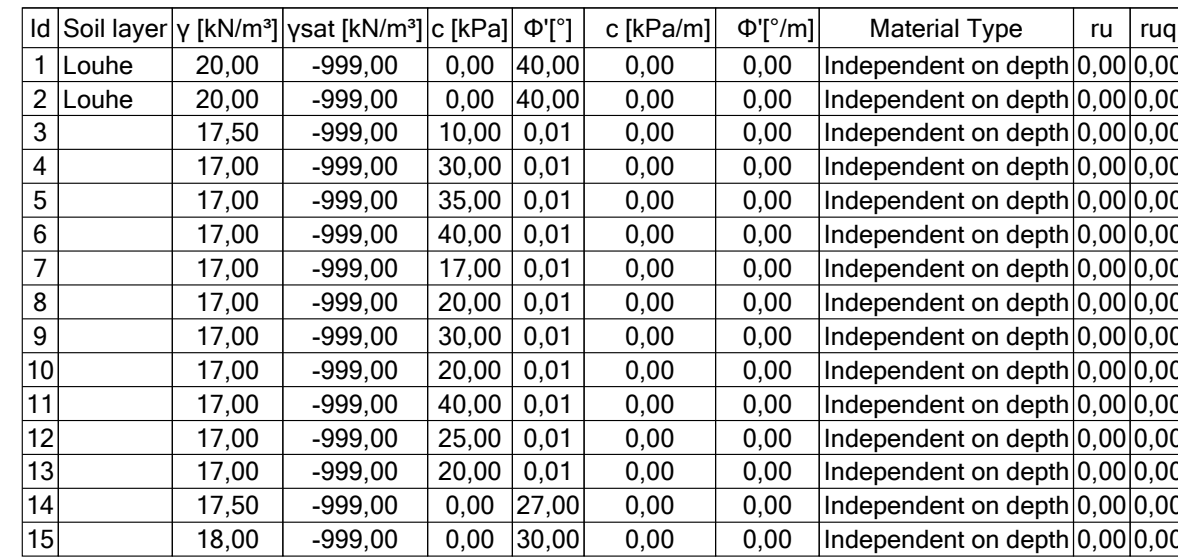
2.1.2012
Juha Porre
Martti Kaunismäki

3423.105

VAIHTOEHTO 1
Suunnitelmapaketti 3423.102

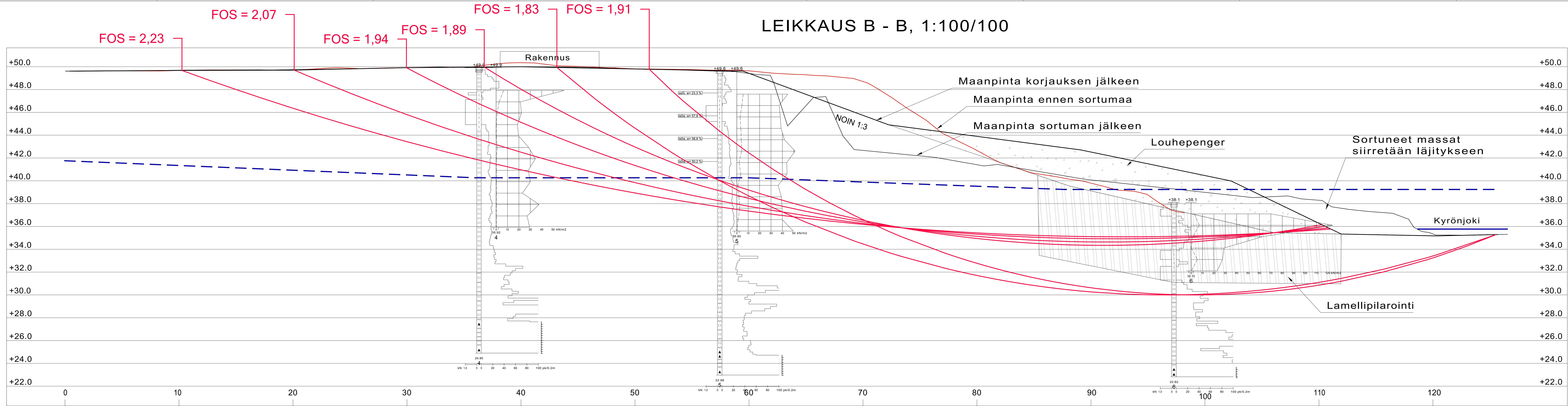


2D Bishop's Simplified
Min.FOS = 1,80




SUUNNITTELU-TOIMISTO
ALUETEKNIikka OY
 Asemakatu 1, 62100 Lapua
 Puh. 06-4374 350 Fax 06-4374 351
 EMAIL: etunimi.sukunimi@aluetekniikka.com

3423.15



2D Bishop's Simplified
Min.FOS = 1,83

Id	Soil layer	γ [kN/m ³]	γ_{sat} [kN/m ³]	c [kPa]	Φ [°]	c [kPa/m]	Φ [°/m]	Material Type	r_u	r_{uq}
1	LOUHE	20.00	-999.00	0.00	40.00	0.00	0.00	Independent on depth	0.00	0.00
2	STAB	17.50	-999.00	70.00	0.01	0.00	0.00	Independent on depth	0.00	0.00
3		17.50	-999.00	10.00	0.01	0.00	0.00	Independent on depth	0.00	0.00
4		17.00	-999.00	20.00	0.01	0.00	0.00	Independent on depth	0.00	0.00
5		17.00	-999.00	35.00	0.01	0.00	0.00	Independent on depth	0.00	0.00
6		17.00	-999.00	40.00	0.01	0.00	0.00	Independent on depth	0.00	0.00
7		17.00	-999.00	17.00	0.01	0.00	0.00	Independent on depth	0.00	0.00
8		17.00	-999.00	20.00	0.01	0.00	0.00	Independent on depth	0.00	0.00
9		17.00	-999.00	30.00	0.01	0.00	0.00	Independent on depth	0.00	0.00
10		17.00	-999.00	20.00	0.01	0.00	0.00	Independent on depth	0.00	0.00
11		17.00	-999.00	40.00	0.01	0.00	0.00	Independent on depth	0.00	0.00
12		17.00	-999.00	25.00	0.01	0.00	0.00	Independent on depth	0.00	0.00
13		17.00	-999.00	20.00	0.01	0.00	0.00	Independent on depth	0.00	0.00
14		17.50	-999.00	0.00	27.00	0.00	0.00	Independent on depth	0.00	0.00
15		18.00	-999.00	0.00	30.00	0.00	0.00	Independent on depth	0.00	0.00

VAIHTOEHTO 3

Tilaaja ja suunnittelukohde
Etelä-Pohjanmaan ELY-keskus
KOSKENKORVAN SORTUMAN
KORJAUSSUUNNITELMA



2.1.2012

Juha Porre

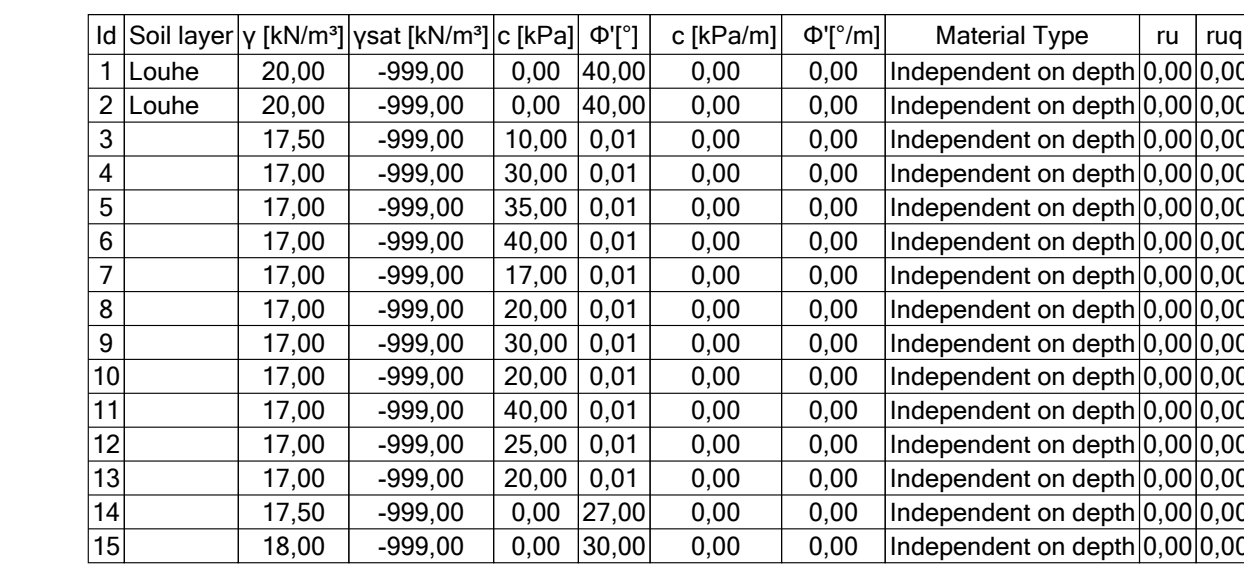
Martti Kaunistaki

Piirustuksen sisältö
LEIKKAUS B-B
LUIKAN VAHVISTUS PILARISTABILOINNILLA
JA VASTAPENKEREELLÄ

Mittakaavat
1:100/100

Työn ja piirustuksen n:o
3423.16

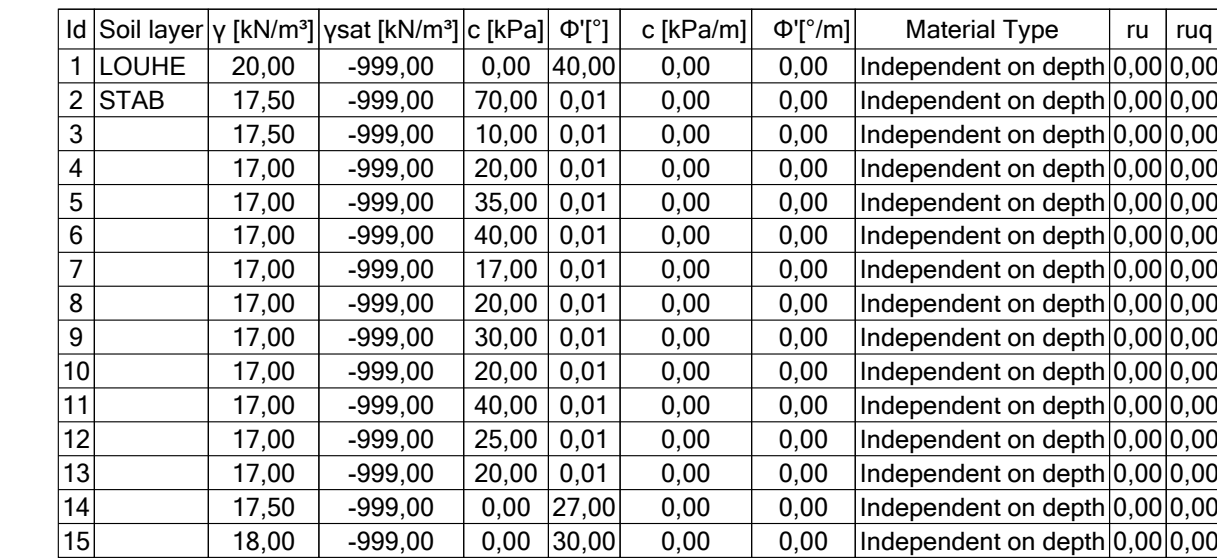
2D Bishop's Simplified
Min.FOS = 1,54



Piirustuksen sisältö	Mittakaavat
LEIKKAUS B-B	1:100/100
LUIKAN VAHVISTUS MASSANVAIHDOLLA JA VASTAPENKEREELLÄ	

2.1.2012  Juha Porre  Martti Kaunismäki

2D Bishop's Simplified
Min.FOS = 1,55



Piirustuksen sisältö	Mittakaavat
LEIKKAUS B-B	1:100/100
LUISKAN VAHVISTUS PILARISTABILOINNILLA JA VASTAPENKEREELLÄ	

3423.18





**ETELÄ-POHJANMAAN ELY-KESKUS
KOSKENKORVAN SORTUMAN KORJAUSSUUNNITELMA**



SISÄLLYSLUETTELO

1 YLEISTÄ.....	1
2 TYÖSSÄ NOUDATETTAVAT ASIAKIRJAT	1
3 TYÖMAAN HALLINTO	1
3.1 Yhteystiedot	1
3.2 Katselmukset.....	2
3.3 Työturvallisuus	2
4 MAAPERÄTUTKIMUS	2
5 SORTUMAN KORJAAMINEN.....	3
5.1 Korjaaminen sortuman kohdalla	3
5.2 Joen luiskien louheverhous eroosiota vastaan.....	4
5.3 Työmaatiet	4
5.4 Viimeistelytyöt.....	4
6 LAADUNVALVONTA JA LAATUDOKUMENTIT.....	5

LIITTEET JA PIIRUSTUKSET

Yleiskartta 1:10 000	3423.101
Suunnitelmakartta 1:500	3423.107
Leikkauspiirustus 1:200/200	3423.121-122
Tyypipoikkileikkaus rajaojasta, 1:10	3423.123



YLEISTÄ

Etelä-Pohjanmaan ELY-keskuksen toimeksiannosta Suunnittelutoimisto Aluetekniikka Oy on suorittanut marras-joulukuussa 2011 Kyrönjoen jokirantaluisen vakavuustarkastelun Koskenkorvalla, Ilmajoella. Vakavuustarkastelun lisäksi on tehty korjaussuunnitelma, jota tämä työselostus selventää. Paikalla on tapahtunut rantaluiskin sortuma lokakuussa 2011.

Paikka sijaitsee osoitteessa Vanhatie 1, Koskenkorva. Tarkempi sijainti käy ilmi yleiskartasta 3423.1. Sortuma sijaitsee Kyrönjoen paalulla noin 1164+50.

Suunnitelman mittaustyöt on tehty toimesta pääosin GPS-mittauksina. Maaperätutkimus tehtiin paino- ja siipikairauksina.

Kaikki mittaustiedot on sidottu N60-korkeusjärjestelmään.

Korjaussuunnitelma on laadittu jokirantaluiselle noin 0,55 ha suuruiselle alueelle.

2 TYÖSSÄ NOUDATETTAVAT ASIAKIRJAT

Työssä noudatetaan seikoissa, jotka eivät ilmene tässä työselityksessä, sen liitteissä tai piirustuksissa seuraavia työselityksiä, laatuvaatimuksia ja julkaisuja:

- Tielaitos työselitys v. 1991, Penger- ja kerrosrakenteet
- Tielaitoksen työselitys v. 1991, Leikkaukset, kaivannot ja avo-ojarakenteet
- Tielaitoksen valvonta ja laadunvalvonta v. 1994, Rakentamisen laadunvarmistus
- InfraRyl 2010
- RIL 121- 2004 Pohjarakennusohjeet 3 TYÖMAAN HALLINTO

3.1 Yhteystiedot

Rakennuttaja:

Etelä-Pohjanmaan ELY-
keskus Alvar Aallon katu 8
60100 Seinäjoki

Yhteyshenkilöt:

Työmaapäällikkö Juhani Huhtamäki
p. 040-820 0319

Rakennuttamispäällikkö Kim Klemola
p. 040-5233832



Suunnittelija:

Suunnittelutoimisto Aluetekniikka Oy
Asemakatu 1
62100 LAPUA

Yhteyshenkilöt:

Martti Kaunismäki
p. 0400-265 605

Juha Porre
p. 040-8383 281

3.2 Katselmukset

Ennen töiden aloittamista pidetään rakennuspaikalla katselmus. Katselmuksessa käydään lävitse yksityiskohtaisesti rakennuskohteen erityisvaatimukset.

Kiinteistöllä sijaitsevat rakennukset on katselmoitava yhdessä kiinteistön omistajan kanssa mahdollisesti olemassa olevien vaurioiden dokumentoimiseksi. Urakoitsija voi käyttää ulkopuolista katselmoijaa. Rakennuskatselmus dokumentteineen kuuluu urakkaan.

Ennen rakennustöiden aloitusta on ko. tontilla olevaan rakennuksen kumpaankin päätysockeliin asennettava pultit rakennuksen painumaseurantaa varten. Pulttien päät vaaitaan ennen rakennustöiden alkua, samoin vaaitaan etäämmältä rakennuspaikasta korkeuskiintopiste, joka varmasti pysyy paikallaan. Rakennustyön aikana rakennuksen korkeusasema vaaitaan joka päivä. Vaadittava mittaustarkkuus on oltava vähintään 2,0 mm.

Ennen rakennustöiden aloitusta asennetaan tontille sopivaan paikkaan inklinometri. Inklinometrillä seurataan luiskän sivusiirtymää. Inklinometrin päivittäinen seuranta ja raportointi kuuluu urakkaan.

3.3 Työturvallisuus

Urakoitsija tekee turvallisuussuunnitelman rakennuttajan laatiman turvallisuusasiakirjan pohjalta.

Työturvallisuudessa suurin asia on luiskavakavuus. Tällä hetkellä luiskavakavuuden kokonaisvarmuuskerroin F on 1,21. Pohjarakennusohjeissa on työn aikaiselle kokonaisvarmuudelle annettu arvo $F > 1,5$. Urakoitsija ottaa tämän seikan huomioon urakatarjousta laskiessaan ja turvallisuussuunnitelmaa laatiessaan. Edellisessä kappaleessa määrätyllä inklinometrillä voidaan parantaa myös työturvallisuutta, kun siirtymän seuranta tehdään koko ajan.

Tämän urakan töillä kokonaisvarmuusluvun on tarkoitus nousta arvoon $F=1,44$.

4 MAAPERÄTUTKIMUS

Pohjamaan laatu ja luiskavakavuus on selvitetty erillisessä tutkimusraportissa.

5 SORTUMAN KORJAAMINEN

Tämän tutkimuksen yhteydessä saatujen pohjatietojen ja aikaisemmin hyväksi havaittujen menetelmien perusteella esitämme korjaustoimenpiteet suoritettavaksi seuraavissa kappaleissa esitetyn mukaisesti. Korjaustyön tulee edetä siten, että kaikki työn yhteydessä tehdyt havainnot pohjamaan, luiskan ja massanvaihdon käyttäytymisestä tulee kirjata ylös ja tiedottaa välittömästi valvojalle, jotta suunnitelmia saadaan tarkennettua tarpeellisilta osin.

5.1 Korjaaminen sortuman kohdalla

Korjaus tehdään kevyesti siten, että sortuneet maamassat jätetään paikoilleen joen uomaan. Luiskan yläreuna tasoitetaan piirustuksissa esitettyyn muotoon siirtämällä ja leikkaamalla maata täytettäviin kohtiin.

Luiskan muotoilu ulotetaan 4,5 metrin etäisyydelle kohteessa sijaitsevasta rakennuksesta. Tästä 4,5 metrin etäisyydeltä luiskaa leikataan 3,5 metrin matkalta kaltevuuteen 1:10. Tästä 8 metrin etäisyydeltä rakennuksesta eteenpäin tehdään noin 4 metrin mädallus luiskakaltevuuden ollessa 1:2. Tämän jälkeen tehdään noin 5 metriä leveä tasanne jonka kaltevuus jokea kohti on 1:20. Tältä tasanteelta rakennetaan puutarhan hoitokoneilla ajettava kulkuväylä kohti tontin nurkkaa, joka sijaitsee joen suhteen yläjuoksun puolella. Noin 5 metriä leveän tasanteen jälkeen maanpinta tasataan noin 1:4 kaltevuuteen ja ulotetaan niin kauas kunnes maanpinta tällä kaltevuudella kohtaa sortuneen maan pinnan. Tältä osin voidaan työssä apuna käyttää mittaus suunnitelmissa esitettyjä valmiin maanpinnan koordinaatteja ja korkeuksia. Koordinaattijärjestelmä on KKJ1 ja korkeusjärjestelmä N60.

Alue luiskan reunasta vesirajaan siistitään kannoista ja tasoitetaan kaivinkoneella tasaiseksi siten, että vettä kerääviä painanteita ei alueelle jää. Kaatuneet ja työtä haittaavat puut poistetaan ja kuljetetaan rakennuttajan osoittamaan paikkaan. Alueet, joilla on täyttöjä, tiivistetään kaivinkoneella yliajamalla 1m:n kerroksina.

Tontin rajoille rakennetaan eroosiosuojatut ojat. Ojien leveys on noin 1,5 metriä ja syvyys 0,5 metriä mitattuna valmiista ojasta eroosiosuojauksineen. Eroosiosuojaus tehdään pohjalle asennettavasta suodatinkankaasta N4 ja kalliomurskeesta 0-100. Murskekerroksen paksuus on 200 mm.

Rajaojiin ohjataan kaikki ko. tontilla sijaitsevien rakennuksien rännivedet 110 PEH-T8 putkilla. Putket asennetaan maksimissaan 0,6 metriä syvään kaivantoon, ja hulevesiputken päälle asennetaan routasuojaus. Rannan suuntaisia kaivantoja ei saa missään tapauksessa tehdä tätä syvemmälle, ettei luiskan stabiliteetti siitä syystä heikkene. Sadevesiviemärit rännikaivoineen ja routaeristyksineen rakennetaan asuintalon joenpuoleisista nurkista kiinteistön rajoilla oleviin avo-ojiin.

Kiinteistöllä 1:121 tuleva sadevesiputki johdetaan rajaojaan.

Valmiin luiskan päälle tehdään kasvukerros ruokamullasta ja tehdään alueen nurmetus heti toteutusta seuraavana kesänä. Nurmetus ja istutukset eivät kuulu urakkaan.

5.2 Joen luiskien louheverhous eroosiota vastaan.

Joen ja sortuman luiska verhotaan katkaistulla pienlouheella 65-300 mm piirustuksissa esitetyssä laajuudessa. Pienlouhekerroksen paksuus on 60 cm. Louheverhous ulotetaan tasolle +38.0 asti yläreunastaan ja tasolle +35.25 alareunastaan. Joen kaakkoispuoleisen rantaluiskan kiveys tehdään kaltevuuteen 1;1,5 siten, että luiska tehdään samaan kaltevuuteen niin ylös että luontainen kaltevuus on tätä loivempi.

Louheverhousta ei saa tehdä suoraan luontaisen luiskan päälle, vaan luiskaa leikataan niin paljon, ettei joki missään tapauksessa kapene entisestään.

Katkaistu pienlouhe 65-300 tarkoittaa tässä työssä sitä, että kalliomurskeesta on seulottu pois 65 mm pienemmät rakeet ja että rakeita 65-300 mm kokoluokassa on kiviaineksessa tasaisesti kaikkia kokoja.

Sortuman reunalta kaivetaan luiska kaltevuuteen 1:3. Nämä massat voidaan käyttää soveltuvin osin luiskan helman ja kiveyksen välisen alueen muotoiluun tai kuljetettava rakennuttajan osoittamalle läjityspaikalle. Tasoitettuun luiska kivetään pienlouheella 65- 300, 60 cm paksuna kerroksena piirustuksissa esitetyssä laajuudessa.

Ennen töiden aloitusta poistetaan työalueelta puusto ja kuljetetaan rakennuttajan osoittamaan paikkaan. Pajukon / vesakon ”kettinkimurskaus” paikanpäälle on sallittu.

5.3 Työmaatiet

Sortumapaikalle rakennetaan tarvittavilta osin työmaatie joen rantaa pitkin padolta asti joen länsirantaa pitkin. Urakoitsija mitoittaa työmaatien olosuhteisiin nähden sopivaksi ja työmaan päätyttyä tiealue siistitään. Työmaatien puusto raivataan ja toimitetaan maanomistajan osoittamaan paikkaan.

Idänpuolen rantaan työmaatie rakennetaan viljelysmaalle.

Työmaatiessä käytettävä kiviaines voidaan käyttää luiskaverhoiluun sen jälkeen kun tietä ei enää tarvita.

5.4 Viimeistelytyöt

Työalueen viimeistelytyöt ”talvityön” jälkeen sijoittuu kevättulvan jälkeiselle ajalle siten, että työmaa on täysin valmis ja luovutuskunnossa viimeistään 14.6.2013 .

Tulvan aiheuttama rannan syöpyminen tms. korjaus kuuluu urakkaan. Alueen tasaus ja ruokamullan levitys sekä töiden aikana vaurioituneet rakenteet, luiskat ja painumat korjataan ennen työmaan luovutusta. Työn jäljet siistitään.

Mikäli kiinteistöllä sijaitsevat rakennukset vaurioituvat, vastaa urakoitsija työn aiheuttamien vaurioiden kuntoon saattamisesta omalla vastuullaan. Urakoitsijalla on syytä olla riittävä ja voimassa oleva vastuuvakuutus, joka kattaa kaikki edellä mainittujen mahdollisten vaurioiden vastuun.



6 LAADUNVALVONTA JA LAATUDOKUMENTIT

Laadunvalvontaa suoritetaan pääasiassa gps- ja/tai takymetrimittauksin sekä vaaituksin.

Urakoitsija mittaa ja laatii tarkepiirustuksen seuraavista kohteista:

- Sortuneen luiskan maastomalli
 - o Korkeudet esitetään kartalla ja leikkauksissa, josta ilmenee suunniteltu ja toteutunut pintamalli. -
- Eroosioverhoukset
 - o Eroosioverhouksien pohjat ja reunat mitataan ennen täyttöjä
 - o Valmiin eroosioverhouksen pinta ja reunat mitataan
 - o Mittaukset esitetään kartalla ja leikkauksissa
- Seurantamittaukset
 - o Pöytäkirja rakennuksen korkeusaseman vaaituksista
 - o Tulosteet sivusiirtymän seurannasta

Kaikki rakennusvaiheet valokuvataan ja tarkemitataan. Kuvat ja mittausaineisto toimitetaan sähköisenä rakennuttajan edustajalle.

Suunnittelutoimisto Aluetekniikka Oy

Martti Kaunismäki

Juha Porre



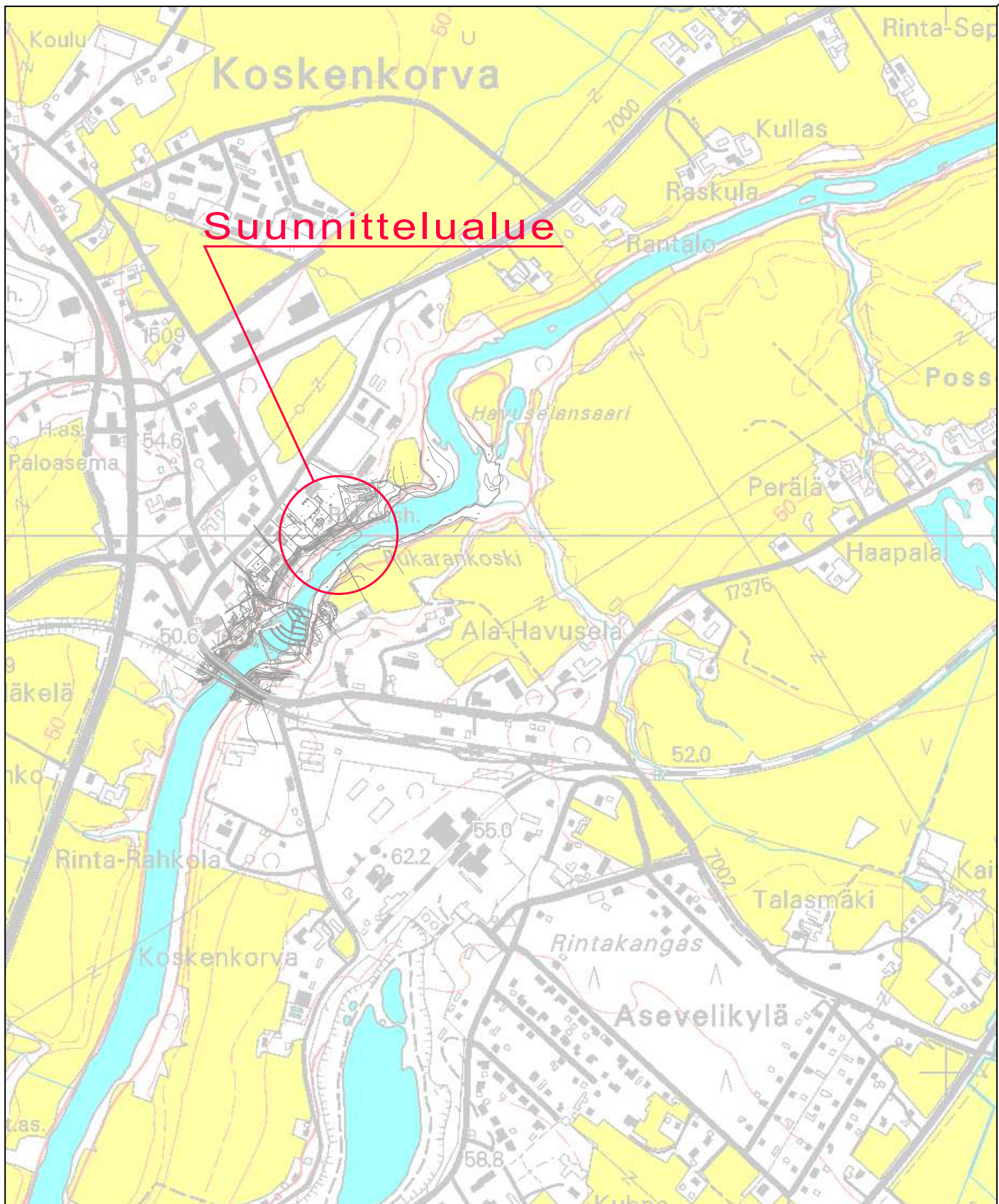
9.5.2012

Pääsuoriteluettelo

<i>Kustannusten laatu</i>	<i>Määrä</i>	<i>Yksikkö</i>
Alustavat työt, mittaus- ja raivaustyöt	5000	m2tr
Inklinometri, asennus ja seuranta	1	erä
Maan kaivu, massat läjitykseen	1000	m3ktr
Maan kaivu ja siirto alueella	900	m3ktr
Louheverhoukset KaM 65-300	600	m3ktr
Työmaatien rakentaminen ja purku	300	mtr
Rajaojat verhouksineen	80	mtr
Sadevesiviemäröinnit	40	mtr
Kasvukerros / multa	640	m ³ rtr

Rakennuttaja antaa pääsuoriteluettelon tarjouslaskennan avuksi, mutta se ei ole tilaajaa sitova.

Pääsuoriteluettelo ei sisällä kaikkia tarvittavia suoritteita työn suunnitelmanmukaisen lopputuloksen aikaan saamiseksi.



Tilaaja ja suunnittelukohde

Etelä-Pohjanmaan ELY-keskus
KOSKENKORVAN SORTUMAN
KORJAUSUUNNITELMA

Piirustuksen sisältö

YLEISKARTTA

Mittakaavat

1:10 000



SUUNNITTELUTOIMISTO

ALUETEKNIikka OY

Asemakatu 1, 62100 Lapua

Puh. 06-4374 350 Fax 06-4374 351

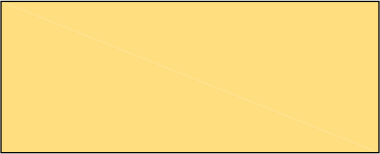
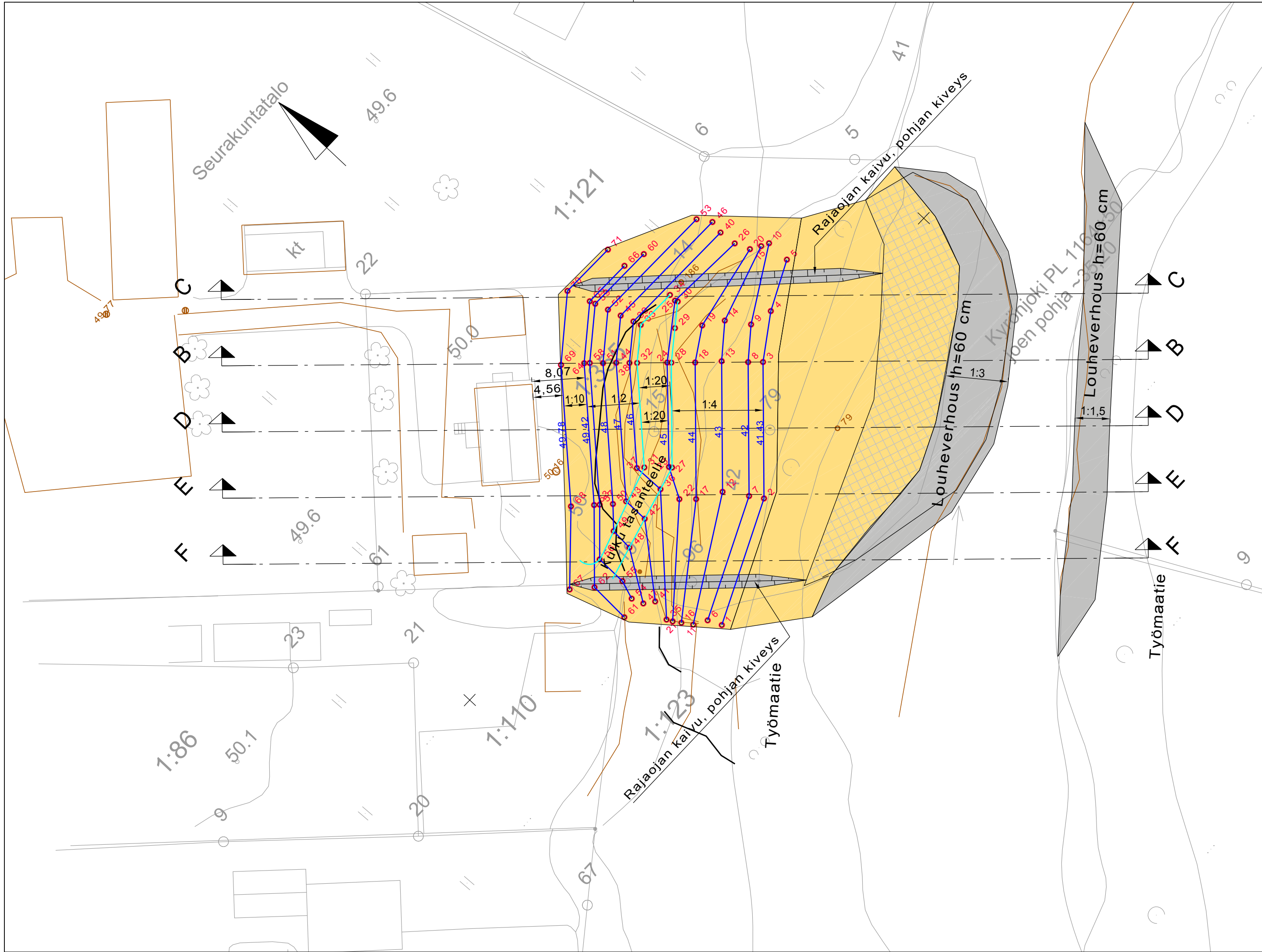
EMAIL: etunimi.sukunimi@aluetekniikka.com

Työn ja piirustuksen n:o

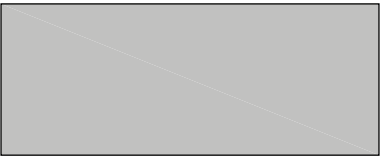
16.12.2011 Juha Porre

Martti Kaunismäki

3423.101



Tasattava alue



Kivettävä alue

Mittaussuunnitelman piste, mittaus-
suunnitelmassa koordinaatti ja korkeus

Tilaja ja suunnittelukohde
Etelä-Pohjanmaan ELY-keskus
KOSKENKORVAN SORTUMAN
KORJAUSUUNNITELMA

Piirustuksen sisältö
SUUNNITELMAKARTTA

Mittakaavat

1:500



SUUNNITTELUTOIMISTO
ALUETEKNIikka OY
Asemakatu 1, 62100 Lapua
Puh. 06-4374 350 Fax 06-4374 351
EMAIL: etunimi.sukunimi@aluetekniikka.com

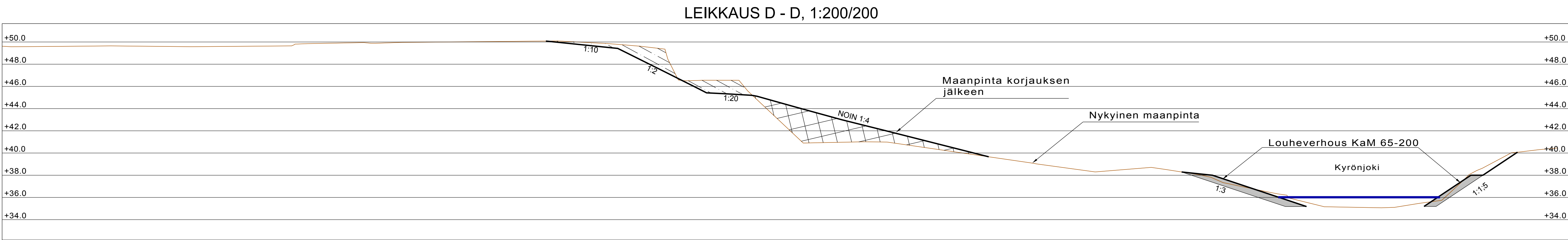
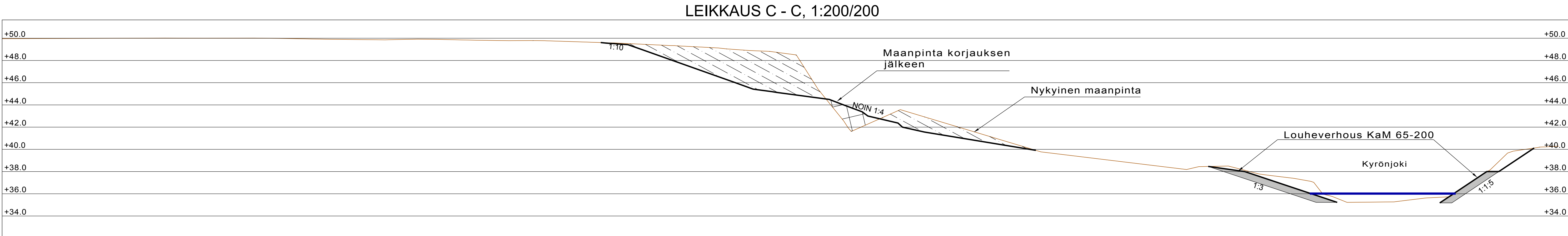
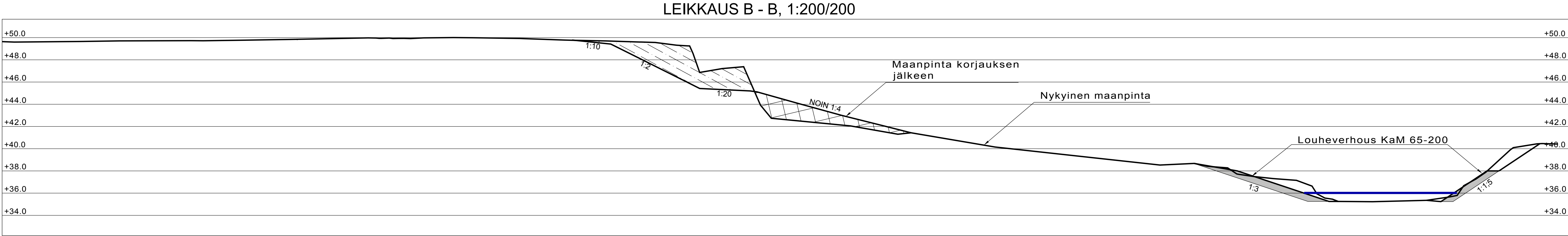
Työn ja piirustuksen n:o

9.5.2012

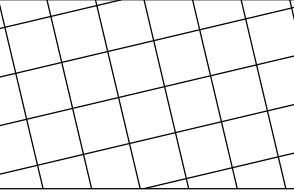
Juha Porre

Martti Kaunismäki

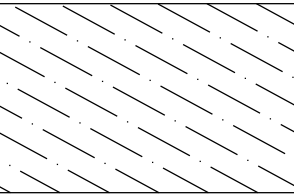
3423.107



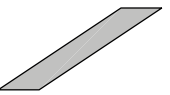
SELITE:




TÄYTTÖ



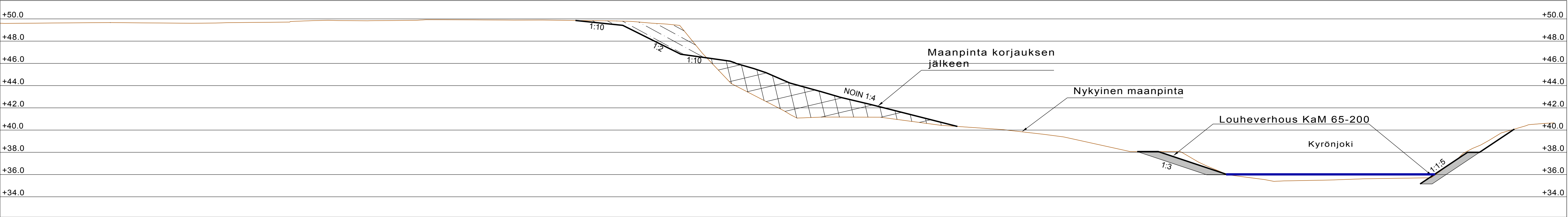
LEIKKAUS



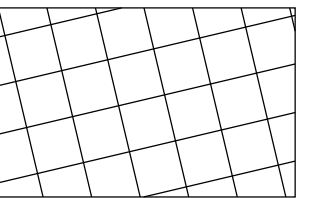
LUISKAN LOUHEVERHOUS

Tilaaaja ja suunnittelukohde Etelä-Pohjanmaan ELY-keskus KOSKENKORVAN SORTUMAN KORJAUSSUUNNITELMA	Piirustuksen sisältö LEIKKAUKSET B-B, C-C JA D-D	Mittakaavat 1:200/200
 <div>SUUNNITTELU-TOIMISTO ALUETEKNIikka OY Asemakatu 1, 62100 Lapua Puh. 06-4374 350 Fax 06-4374 351 EMAIL: etunimi.sukunimi@aluetekniikka.com</div>	Työn ja piirustuksen n:o	3423.121
9.5.2012	Juha Porre	Martti Kaunismäki

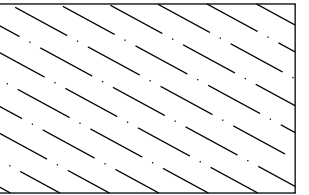
LEIKKAUS E - E, 1:200/200



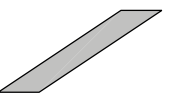
SELITE:



TÄYTTÖ

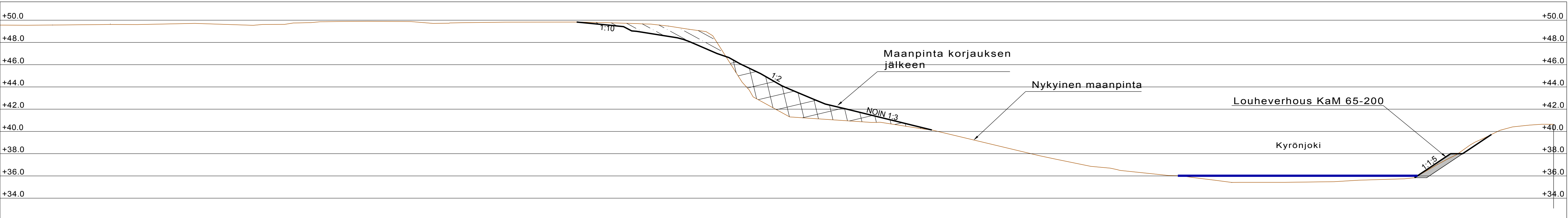


LEIKKAUS



LUISKAN LOUHEVERHOUS

LEIKKAUS F - F, 1:200/200



Tilaaja ja suunnittelukohde

Etelä-Pohjanmaan ELY-keskus
KOSKENKORVAN SORTUMAN
KORJAUSSUUNNITELMA



SUUNNITTELUTOIMISTO
ALUETEKNIikka OY
Asemakatu 1, 62100 Lapua
Puh. 06-4374 350 Fax 06-4374 351
EMAIL: etunimi.sukunimi@aluetekniikka.com

9.5.2012

Juha Porre

Martti Kaunismäki

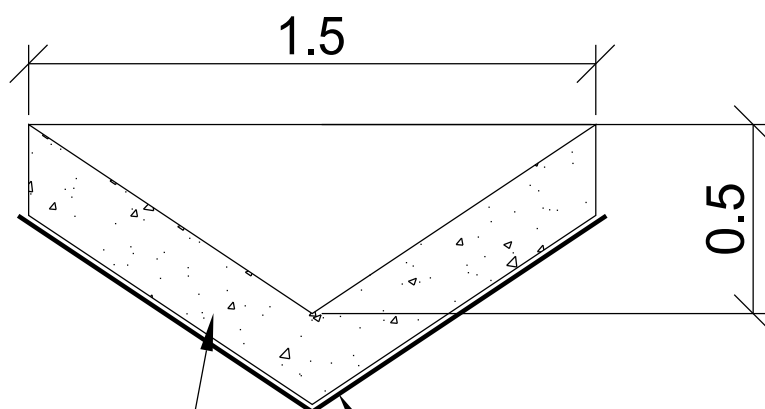
Piirustuksen sisältö

LEIKKAUKSET E-E JA F-F 1:200/200

Mittakaavat

Työn ja piirustuksen n:o

3423.122



SUODATINKANGAS N4

LOUHEVERHOUS KAM 0-100,
200 MM

Tilaaja ja suunnittelukohde

Etelä-Pohjanmaan ELY-keskus
KOSKENKORVAN SORTUMAN
KORJAUSSUUNNITELMA

Piirustuksen sisältö

Mittakaavat

TYYPPIPOIKKILEIKKAUS 1:10
RAJAOJASTA



SUUNNITTELUTOIMISTO

ALUETEKNIikka OY

Asemakatu 1, 62100 Lapua

Puh. 06-4374 350 Fax 06-4374 351

EMAIL: etunimi.sukunimi@aluetekniikka.com

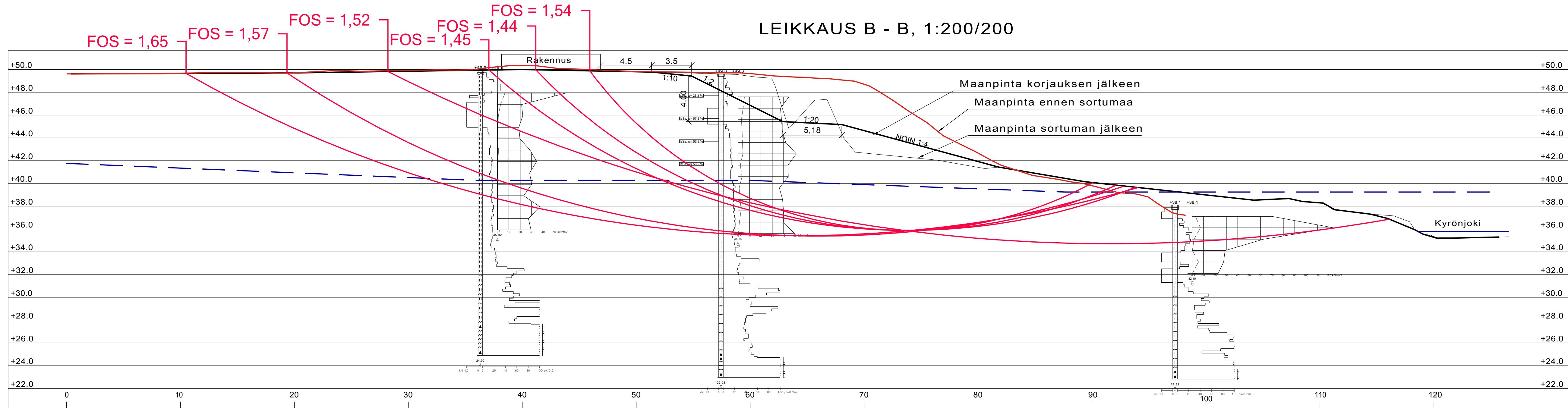
Työn ja piirustuksen n:o

29.2.2012

Juha Porre
Juha Porre

Martti Kaunismäki
Martti Kaunismäki

3423.123



Id	Soil layer	γ [kN/m ³]	γ_{sat} [kN/m ³]	c [kPa]	Φ [°]	c [kPa/m]	Φ [°/m]	Material Type	ru	ruq	ru'
1	Sortuma	17,00	-999,00	3,00	0,01	0,00	0,00	Independent on depth	0,00	0,00	0,00
2		17,00	-999,00	10,00	0,01	0,00	0,00	Independent on depth	0,00	0,00	0,00
3		17,00	-999,00	20,00	0,01	0,00	0,00	Independent on depth	0,00	0,00	0,00
4		17,00	-999,00	35,00	0,01	0,00	0,00	Independent on depth	0,00	0,00	0,00
5		17,00	-999,00	40,00	0,01	0,00	0,00	Independent on depth	0,00	0,00	0,00
6		17,00	-999,00	17,00	0,01	0,00	0,00	Independent on depth	0,00	0,00	0,00
7		17,00	-999,00	20,00	0,01	0,00	0,00	Independent on depth	0,00	0,00	0,00
8		17,00	-999,00	30,00	0,01	0,00	0,00	Independent on depth	0,00	0,00	0,00
9		17,00	-999,00	20,00	0,01	0,00	0,00	Independent on depth	0,00	0,00	0,00
10		17,00	-999,00	40,00	0,01	0,00	0,00	Independent on depth	0,00	0,00	0,00
11		17,00	-999,00	25,00	0,01	0,00	0,00	Independent on depth	0,00	0,00	0,00
12		17,00	-999,00	20,00	0,01	0,00	0,00	Independent on depth	0,00	0,00	0,00
13		18,00	-999,00	0,00	27,00	0,00	0,00	Independent on depth	0,00	0,00	0,00
14		19,00	-999,00	0,00	30,00	0,00	0,00	Independent on depth	0,00	0,00	0,00

Pore Pressure Settings: GW on, PW off, PPC off, ru off, ruq off, ru' off

Suunnitelmakartta 3423.107

Tilaaja ja suunnittelukohde	Piirustuksen sisältö	Mittakaavat
Etelä-Pohjanmaan ELY-keskus KOSKENKORVAN SORTUMAN KORJAUSSUUNNITELMA	LEIKKAUS B-B SUUNNITELMAN VAKAVUUSLASKENTA	1:200/200



SUUNNITTELUTOIMISTO
ALUTEKNIikka OY
Asemakatu 1, 62100 Lapua
Puh. 06-4374 350 Fax 06-4374 351
EMAIL: etunimi.sukunimi@alutekniikka.com

2.4.2012 Juha Porre Martti Kaunismäki